GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA

I TEHNIČARA N. R. HRVATSKE

SADRŽAJ

GOD. VII LISTOPAD 1955 BROJ 5

»GRAĐEVINAR« IZLAZI U VEĆEM FORMATU 6 PUTA GODIŠNJE. — PRETPLATA na cijelu godinu iznosi Din 600.—, na pola godine Din 300.—, pojedini broj Din 100.—. Za poduzeća god. pretplata Din 900.—. Tekući račun kod Narodne banke FNRJ, filijale Zagreb br. 402-T-812. — Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH. — Rukopisi se šalju uredništvu »Građevinara«, Zagreb, Berislavićeva ul. 6, telefon 33-325. — Uređuje redakcioni odbor, Katančićeva ul. 5. — **DOPISE I ČLANKE** treba uredništvu dostaviti u dva primjerka pisana strojem, u originalu i jednoj kopiji, pisano s razmakom između redaka. Pisati treba samo na jednoj stranici lista. Crteže i opise na njima treba izraditi crnim tušem na prozirnom ili glatkom bijelom papiru, tako da umanjeni na stranicu časopisa budu jasni i čitljivi. Pretanke crte, sitna slova i brojke ne smiju se upotrebljavati. Fotografije moraju biti jasne. Objavljeni radovi se honoriraju, rukopisi ne vraćaju.

GRAĐEVINAR

GOD. VII LISTOPAD 1955 BROJ 5

O UTJECAJU TORZIJE RUBNIH NOSAČA NA MOMENTE U ARMIRANOJ BETONSKOJ PLOČI

Ing. **Marko Čalogović**, »Elektroprojekt«, Zagreb

1. Uvod

Masivne armirano betonske stropne i krovne konstrukcije se redovito sastoje od punih ili rebričastih ploča poduprtih nosačima. Ploče i nosači sačinjavaju monolitnu cjelinu; deformacije ploča utječu na nosače i obratno. Budući da su ploče na rubovima upete u nosače, to se i zakretanje rubova ploče pod opterećenjem prenosi na nosače i uzrokuje u njima torzione momente. Isto tako i nosači zbog svoje torzione krutosti sprečavaju slobodno zakretanje rubova ploče i izazivaju na taj način u ploči dodatne momente. Kod praktičnog proračunavanja se ovi momenti redovito zanemaruju, u prvom redu zato, jer je njihovo proračunavanje relativno komplicirano, a i zato, jer se općenito smatra da njihov utjecaj nije velik.

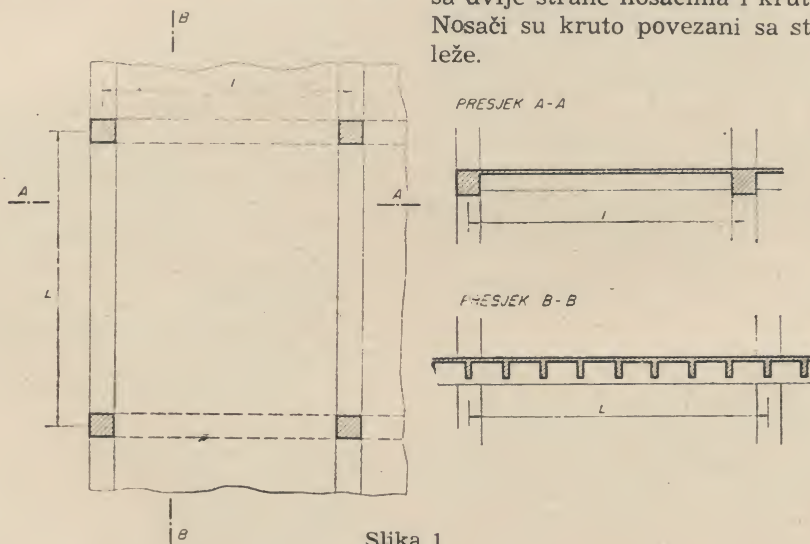
Napredak tehnike doveo je u novije vrijeme do poboljšanja kvalitete upotrebljenog materijala, i s tim u vezi do većih dopuštenih naprezanja. Veća jednoličnost u kvaliteti materijala ujedno omogućuje i smanjenje računskog koeficijenta sigurnosti. Da bi ekonomija koja se time može postići bila maksimalna, uz istu stvarnu sigurnost konstrukcije, treba pooštriti metode statičkog proračuna i uzeti u račun i one elemente koji se inače obično zanemaruju.

U ovom ćemo članku prikazati kako se na relativno jednostavan način mogu proračunati momenti upetosti ploča u rubne nosače. Opće rješenje ovog problema dano je u disertaciji: Dr. ing. Otto Werner, Prilog izračunavanju upetosti ploče u nosače zbog torzionog otpora nosača, objavljenoj u »Tehničkom vjesniku« br. 10—12 iz 1942 god., gdje su navedeni i drugi radovi o tom problemu. Kao što se može vidjeti iz ovih radova, proračunavanje momenata upetosti ploče u rubne nosače je prilično složen posao, pa se vjerojatno zbog toga još nije udomaćio kod naših konstruktera.

Ovdje ćemo pokušati da taj račun pojednostavnimo i prilagodimo praktičnim potrebama za visokogradnje. To je moguće, dakako, samo uz stanovite pretpostavke koje smanjuju točnost konačnih rezultata, međutim postignuta je točnost sa inženjerskog stanovišta potpuno dovoljna za većinu konstrukcija napose kod visokogradnja.

2. Izvod jednadžbi

Razmatramo općeniti slučaj armirane betonske ploče (koja može biti puna ili rebričasta) poduprte sa dvije strane nosačima i kruto povezane s njima. Nosači su kruto povezani sa stupovima na kojima leže.



Slika 1

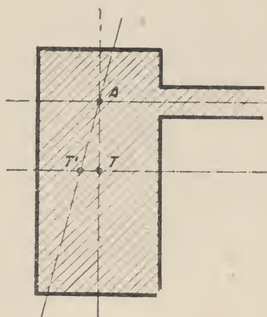
U ovom izvodu pretpostavljamo da ploča leži samo na uzdužnim nosačima i da nije poduprta poprečnim nosačima. Ukoliko postoje poprečni nosači, njihov se utjecaj na torziju uzdužnih nosača (jače uklještenje na krajevima) uzima bez poteškoće u obzir. Utjecaj poprečnih nosača na ploču ovdje zanemarujemo. Kod rebričastih ploča je ovaj utjecaj vrlo malen zbog male krutosti takvih ploča u poprečnom smjeru. Pune ploče će, u slučaju kad

postoje poprečni nosači, djelovati kao ploče koje nose u oba smjera. Uslijed toga smanjit će se momenti u ploči, a i momenti upetosti ploče u nosače, naročito u blizini ležaja nosača. Prema tomu će naš račun dati nešto veću sigurnost u oba elementa (nosač i ploče) ako se predvide poprečni nosači.

Opterećena ploča djeluje na rubne nosače svojom reakcijom i momentima upetosti. Vertikalne reakcije ploče izazivaju u nosaču normalno savijanje u vertikalnoj ravnini. Odgovarajući momenti se računaju na uobičajeni način, i na ove se momente dimenzionira nosač. Utjecaj vertikalnog progiba nosača na ploču je minimalan, pa ga zanemarujemo.

Momenti upetosti izazivaju torziju u nosaču i oni su predmet našeg ispitivanja.

Uslijed djelovanja momenata torzije nosač bi se zakretao oko točke T (sl. 2). Međutim ploča dozvoljava nosaču da se zaokreće samo oko točke A u visini središnje plohe ploče. Pod djelovanjem momenata torzije presjek nosača će se zaokrenuti, a točka T će doći u položaj T'. Prema tomu će nosač biti napregnut ne samo torzijom nego i savijanjem u horizontalnoj ravnini. Utjecaj ovog savijanja ćemo u našem izvodu zanemariti, jer je on malen kod većine slučajeva, naročito u visokogradnjama. Uslijed ovog savijanja javljaju se i horizontalne sile u ploči, koje su, međutim, bez praktičkog značenja.



Slika 2

Nosač je na mjestima svojih ležajeva elastično upet u stupove i eventualne poprečne nosače. Pretpostavljamo da je nosač sa svojim priključcima simetričan obzirom na sredinu svog raspona. Polarni momenat tromosti nosača označimo sa I_p; on je konstantan za cijeli nosač.

Neka znači:

γ = kut zaokreta (torzije) krajeva nosača uslijed popuštanja uklještenja pod djelovanjem momenta M^I_t,

ε = kut zaokreta (torzije) sredine nosača prema krajevima pod opterećenjem momentima M_u,

δ = kut zaokreta (torzije) priključka za $M^I_t = 1$,

$\gamma = \delta \cdot (M^I_t + M^{I'}_t)$

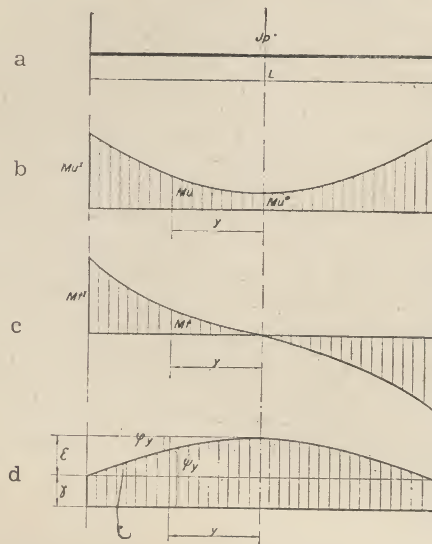
$(M^{I'}_t)$ momenat torzije na ležaju od ev. nosača iz susjednog polja.

Kut γ ovisi o sumi torzionih momenata upetosti nosača sa obje strane priključka. Ako se radi samo o jednom polju (s obzirom na nosač) onda je $M^{I'}_t = 0$. Ako su polja sa obje strane priključka jednaka i jednako opterećena bit će $M^{I'}_t = M^I_t$, pa možemo pisati $\gamma = 2\,\delta\, M^I_t$. Općenito će biti

$\gamma = z \cdot \delta \cdot M^I_t$, gdje je $z = 1 + \dfrac{M^{I'}_t}{M^I_t}$. Veličinu z moći ćemo bez većih poteškoća procijeniti. Kod približno jednakih polja i opterećenja (najčešći slučaj) možemo uzeti $z = 2$.

Zaokretanje nosača na mjestu y prema prvobitnom položaju će iznositi (vidi oznake na sl. 3)

$$\psi_y = \gamma + \varepsilon - \varphi_y \quad \ldots\ldots (1)$$



Slika 3 — b ... linija momenata kojima ploča djeluje na nosač (ova je linija prema pretpostavci simetrična)
c ... momenti torzije u nosaču
d ... dijagram kuteva zaokreta (torzije) nosača opterećenog momentima M_u

Ako označimo:

I_p = polarni momenat tromosti poprečnog presjeka nosača,

G = modul posmika, možemo pisati:

$$d\varphi_y = \frac{M_{ty} \cdot dy}{I_p \cdot G} \quad \text{i} \quad \frac{d\varphi_y}{dy} = \frac{M_{ty}}{I_p \cdot G} \quad \ldots (2)$$

Moment torzije u nosaču M_{ty} nastaje kao suma elementarnih momenata upetosti $M_{uy}\, d_y$ kojima ploča djeluje na nosač

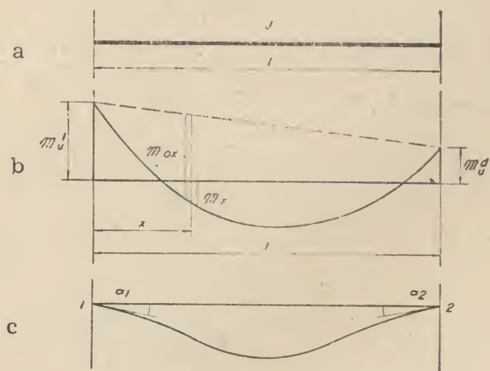
$$dM_{ty} = M_{uy}\, dy \quad \text{i} \quad \frac{dM_{ty}}{dy} = M_{uy}$$

Ako ovdje uvrstimo vrijednost za M_{ty} iz jednadžbe (2) dobijemo:

$$M_{uy} \frac{1}{I_p\, G} = \frac{dM_{ty}}{dy} \cdot \frac{1}{I_p\, G} = \frac{d^2\varphi_y}{dy^2} \quad \ldots (3)$$

Kod ploče razmatramo općeniti slučaj kad je ploča na jednom kraju uklještena u tordirani no-

sač, a na drugom kraju normalno elastično uklije-štena. Ovo je najčešći slučaj kod krajnjih polja kontinuiranih ploča. Utjecaj torzije nosača koji predstavljaju srednje ležajeve takvih ploča vrlo je malen, pa se u većini slučajeva može zanemariti. Posebno ćemo izvesti potrebne formule za slučaj simetrične ploče koja je sa obje strane upeta u tordirane nosače.



Slika 4 — b ... linija momenata u ploči

$$\mathfrak{M}_x = \mathfrak{M}_{ox} - \mathfrak{M}^l_u \frac{l-x}{l} - \mathfrak{M}^d_u \frac{x}{l}$$

c ... progibna linija ploče

Kutevi zaokreta lijevog i desnog kraja ploče (promjenljivi i ovisni o y):

$$\alpha_1 = \alpha_{01} - \mathfrak{M}^l_u \cdot \alpha_{11} - \mathfrak{M}^d_u \cdot \beta_{12} \quad . . (4a)$$

$$\alpha_2 = \alpha_{02} - \mathfrak{M}^l_u \cdot \beta_{21} - \mathfrak{M}^d_u \cdot \alpha_{22} \quad . . (4b)$$

gdje je:

α_{01}, α_{02} kut zaokreta elastične linije slobodno položene ploče na lijevom, odnosno desnom kraju uslijed zadanog opterećenja,

α_{11}, α_{22} kut zaokreta elastične linije slobodno položene ploče na lijevom, odnosno desnom kraju ako na istom kraju djeluje momenat $M = 1$,

β_{12}, β_{21} kut zaokreta elastične linije slobodno položene ploče na lijevom, odnosno desnom kraju ako na suprotnom kraju djeluje momenat $M = 1$.

(Sa α_1 označujemo kuteve zaokreta na onom kraju koji je elastično ukliješten u tordirani nosač; u daljnjem izlaganju neka to bude lijevi ležaj ploče.)

Ako označimo sa ϑ kut zaokreta priključka ploče na kraju suprotnom od onog gdje je tordirani nosač, t. j. na desnom kraju, uslijed momenta $\mathfrak{M}^d_u = 1$, bit će kut zaokreta elastične linije na desnom kraju ploče:

$$\alpha_2 = \alpha_{02} - \mathfrak{M}^l_u \cdot \beta_{21} - \mathfrak{M}^d_u \cdot \alpha_{22} = \mathfrak{M}^d_u \cdot \vartheta$$

Iz ove jednadžbe možemo dobiti vrijednost

$$\mathfrak{M}^d_u = \frac{\alpha_{02}}{\alpha_{22}+\vartheta} - \mathfrak{M}^l_u \frac{\beta_{21}}{\alpha_{22}+\vartheta} \quad . . . . . . (4c)$$

Ovu vrijednost uvrstimo u izraz za α_1 (4a)

$$\alpha_1 = \alpha_{01} - \mathfrak{M}^l_u \cdot \alpha_{11} - \frac{\alpha_{02} \cdot \beta_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta} + \mathfrak{M}^l_u \frac{\beta_{21} \cdot \beta_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta}$$

$$\alpha_1 = \alpha_{01} - \alpha_{02} \cdot \frac{\beta_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta} - \mathfrak{M}^l_u \left(\alpha_{11} - \frac{\beta^2_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta}\right) = B - \mathfrak{M}^l_u \cdot D$$

gdje je:

$$B = \alpha_{01} - \alpha_{02} \cdot \frac{\beta_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta} \qquad D = \alpha_{11} - \frac{\beta^2_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta}$$

U slučaju simetrije ploče, koja je sa obje strane uklještenja ploče jednak je momentu koji djeluje opterećenje ploče simetrično, imat ćemo:

$$\alpha_{11} = \alpha_{22} \quad , \quad \alpha_{01} = \alpha_{02} \quad i \quad \mathfrak{M}^l_u = \mathfrak{M}^d_u = \mathfrak{M}_u$$

Iz jednadžbe 4a i 4b slijedi, dakle, ako je

$$B_s = \alpha_{01}$$

$$D_s = \alpha_{11} + \beta_{12}$$

za slučaj simetrije:

$$\alpha_1 = \alpha_{01} - \mathfrak{M}_u (\alpha_{11}+\beta_{12}) = B_s - \mathfrak{M}_u \cdot D_s \quad (5)$$

Veličinu nepoznatih momenata M_{uy} dobit ćemo tako, da izjednačimo kuteve torzije nosača sa kutem zaokreta ploče

$$\alpha_1 = \psi_y \quad . . . . (6)$$

onda moramo postaviti i $\mathfrak{M}^l_u = M_{uy}$ (momenat uklještenja ploče jednak je momentu koji djeluje na nosač).

Ako u (6) uvrstimo (5) i (1) dobijemo:

$$B - M_{uy} \cdot D - \gamma - \varepsilon + \varphi_y = 0. \quad . . (6a)$$

Da bi mogli φ_y izraziti pomoću M_{uy} moramo ovaj izraz dva puta derivirati po y. Kod toga uvažujemo činjenicu da su B, D, γ i ε neovisni o y, pa njihove derivacije otpadaju.

$$-D \frac{d M_{uy}}{dy} + \frac{d \varphi_y}{dy} = 0$$

$$-D \frac{d^2 M_{uy}}{dy^2} + \frac{d^2 \varphi_y}{dy^2} = 0$$

Uvrstimo jednadžbu (3):

$$D \cdot \frac{d^2 M_{uy}}{dy^2} - \frac{1}{I_p \cdot G} \cdot M_{uy} = 0. \quad . . . (7)$$

Opće rješenje ove diferencijalne jednadžbe drugog reda glasi:

$$M_{uy} = C_1 \cdot e^{\frac{y}{\sqrt{I_p \cdot G \cdot D}}} + C_2 \cdot e^{-\frac{y}{\sqrt{I_p \cdot G \cdot D}}}$$

Sa $\frac{y}{L} = \eta$ i $dy = L\, d\eta$, te $\frac{L}{\sqrt{I_p\, G\, D}} = A = const.$

eksponent će glasiti:

$$\frac{y}{\sqrt{I_p\, G\, D}} = \frac{y}{L} \frac{L}{\sqrt{I_p\, G\, D}} = \eta \cdot A$$

$$M_{u\eta} = C_1 \cdot e^{\eta A} + C_2 \cdot e^{-\eta A} \quad . . (8)$$

Integracione konstante C_1 i C_2 ćemo odrediti iz uvjeta da je u sredini nosača (za $\eta = 0$)

$$M_{u\eta} = M^o_u$$

i da tu momenat $M_{u\eta}$ ima svoj minimum (radi simetrije), t. j. da je: $\frac{d M_{u\eta}}{d \eta} = 0.$

Iz prvoga uvjeta slijedi: $M^o_u = C_1 + C_2$, a iz drugog: $A\, C_1 - A\, C_2 = 0$.

Prema tome će biti: $C_1 = C_2 = \frac{M^o_u}{2}$.

Ako to uvrstimo u jednadžbu (8) dobijemo jednadžbu za moment upetosti:

$$M_{u\eta} = \frac{M^o_u}{2}(e^{\eta A} + e^{-\eta A}) = M^o_u \, ch\,(\eta A) \quad \ldots (9)$$

Momenti upetosti ploče u nosač se mijenjaju po zakonu kosinusa hiperbolnog, a to znači da je linija ovih momenata lančanica.

Na ležaju nosača imamo za $\eta = \pm \frac{1}{2}$

$$M^I_u = M^o_u\, ch \frac{A}{2} \ldots\ldots\ldots (10)$$

Momenti torzije u nosaču dobiju se integriranjem momenata M_u

$$M_{ty} = \int_o^y M_{uy}\,.\,dy = L\int_o^\eta M_{u\eta}\,.\,d\eta = L\,.\,M^o_u\,.\int_o^\eta ch\,(\eta A) =$$

$$= \frac{L\,.\,M^o_u}{A}\,.\,sh\,(\eta A) \quad \ldots\ldots (11)$$

Najveći momenat torzije će nastupiti uz ležaj nosača

$$M^I_t = \frac{L\,M^o_u}{A}\, sh\, \frac{A}{2} \quad \ldots\ldots (12)$$

Kut zaokreta (torzije) nosača:

$$\varphi_y = \int_o^y d\,\varphi_y = \frac{1}{I_p\,.\,G}\int_o^y M_{ty}\,.\,dy =$$

$$= \frac{1}{I_p\,.\,G}\,\frac{M^o_u\,.\,L^2}{A}\int_o^\eta sh(\eta A) =$$

$$= \frac{1}{I_p\,.\,G}\,.\,\frac{M^o_u\,.\,L^2}{A^2}\,[ch\,(\eta\,.\,A) - 1] \quad (13)$$

Ukupni kut zaokreta sredine prema kraju nosača:

$$\varepsilon = \frac{1}{I_p\,.\,G}\,.\,\frac{M^o_u\,.\,L^2}{A^2}\,[ch\,.\,\frac{A}{2} - 1] \quad \ldots (14)$$

Sada smo sve veličine koje trebamo izrazili pomoću momenta M^o_u — momenta upetosti ploče u nosač na mjestu sredine raspona nosača. Ovaj je momenat zasada još nepoznat. Da bi ga odredili, moramo promatrati isovremeno deformacije ploče i nosača.

Ploča je elastično upeta na desnom kraju, opterećena je zadanim opterećenjem i momentima $M_{u\eta}$ na lijevom kraju. Nosač je opterećen momentima torzije $M_{t\eta}$ po cijeloj dužini. Uslijed ovih opterećenja zaokreće se kraj ploče i nosač; izjednačenjem ovih kuteva zaokreta dobit ćemo traženu veličinu M^o_u.

Kut zaokreta ploče na ležaju: jednadžba (5) sa $\mathfrak{M}^1_u = M_u$

$$\alpha_1 = B - M_{u\eta}\,.\,D$$

Uvrstivši vrijednost za $M_{u\eta}$ iz (9) dobijemo:

$$\alpha_1 = B - M^o_u\, ch\,(\eta A)\,.\,D$$

Kut zaokreta nosača iz jednadžbe (1):

$$\psi_y = \gamma + \varepsilon - \varphi_y$$

Ovu ćemo veličinu također izraziti pomoću M^o_u.

$$\gamma = z\,.\,\delta\,.\,M^I_t = z\,.\,\delta\,.\,M^o_u\,\frac{L}{A}\,.\,sh\,\frac{A}{2}$$

ψ_y i ε već su izračunati u (13) i (14). Dobivene vrijednosti uvrstimo u (1) i sredimo:

$$\psi_y = M^o_u\left\{z\,.\,\delta\,\frac{L}{A}\,sh\,\frac{A}{2} + \frac{1}{I_pG}\,\frac{L^2}{A^2}\,[ch\,\frac{A}{2} - ch\,(\eta A)]\right\}$$

Ako sada izjednačimo α_1 sa ψ_y dobit ćemo jednadžbu za određivanje veličine M^o_u:

$$B - M^o_u\,ch\,(\eta A)\,.\,D = M^o_u\left\{z\,.\,\delta\,\frac{L}{A}\,sh\,\frac{A}{2} + \frac{1}{I_pG}\,\frac{L^2}{A^2}\,[ch\,\frac{A}{2} - ch\,(\eta A)]\right\}$$

Nakon kraćenja i sređivanja dobijemo

$$M^o_u = \frac{B}{z\,.\,\delta\,.\,\frac{L}{A}\,sh\,\frac{A}{2} + D\,ch\,\frac{A}{2}} \quad \ldots (15)$$

U ovoj jednadžbi je M^o_u određen pomoću veličina koje ovise samo o dimenzijama ploče i nosača i o opterećenju ploče, te je time naš zadatak riješen.

3. Praktično računanje

U izvedenim formulama javljaju se veličine B, D i A, koje ovise o dimenzijama konstrukcije, modulu elasticiteta i smicanja, i o opterećenju ploče. Ove ćemo veličine izračunati za slučajeve koji u praksi najčešće dolaze.

Kod simetrične ploče (obzirom na vertikalnu ravninu x = 0) imamo:

$$\alpha_{11} = \alpha_{22} = \frac{1}{3\,E\,I}$$

$$\beta_{12} = \beta_{21} = \frac{1}{6\,E\,I}$$

(I je moment tromosti ploče za jedinicu širine)

Kod kontinuiranog opterećenja ploče teretom p (na jedinicu površine ploče) imamo:

$$\alpha_{01} = \alpha_{02} = p\,\frac{l^3}{24\,E\,I}$$

Kod linijskog opterećenja u polovici raspona ploče P (na jedinicu širine ploče) dobivamo:

$$\alpha'_{01} = \alpha_{02} = P\,\frac{l^2}{16\,E\,I}$$

Općenito važi za oba slučaja opterećenja (kao i za sve ostale slučajeve simetričnog opterećenja):

$$B = \alpha_{01}\left(1 - \frac{\beta_{12}}{\alpha_{22} + \vartheta}\right) = \alpha_{01}\left(1 - \frac{\frac{1}{6\ E'I}}{\frac{1}{3\ E\ I} + \vartheta}\right)$$

Stepen ukliještenosti na desnom kraju može varirati od $\vartheta = \infty$ (zglobno učvršćenje) do $\vartheta = 0$ (puna upetost).

U prvom slučaju imamo:

$$B = \alpha_{01} \times 1 \qquad (\text{za } \vartheta = \infty)$$

u drugom slučaju:

$$B = \alpha_{01} \times \frac{1}{2} \qquad (\text{za } \vartheta = 0)$$

Općenito će biti:

$$B = \alpha_{01} \times n$$

Sve moguće vrijednosti za *B* moraju ležati između ovih dviju granica; u praksi će se često moći procijeniti upetost ploče na desnom kraju i približno odabrati vrijednost broja *n*, koja može varirati samo između 0,5 i 1.

Radi orijentacije izračunat je *n* za slučaj da je ploča na desnom kraju ukliještena u drugu susjednu ploču istog raspona i krutosti; dobivena je vrijednost između n = 0,75 i n = 0,79, prema stepenu ukljeětenja susjedne ploče na drugom kraju.

I ovdje ćemo se često moći poslužiti grubom procjenom upetosti. Isti slučaj kao i ranije kod *n* dao je ovdje vrijednosti između $m = 3{,}4$ i $m = 3{,}5$ za uklještenje u susjednu ploču istog raspona i krutosti.

Račun vrijednosti *A*:

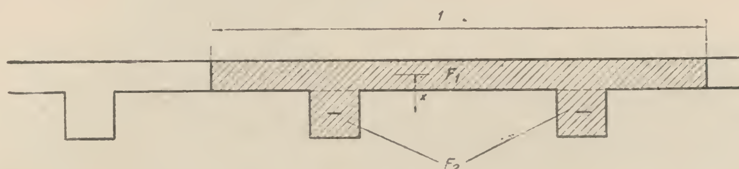
$$A = \frac{L}{\sqrt{I_p\ G\ D}}$$

Ako uvrstimo za modul smika $G = \frac{E}{2\ (1 + \nu)}$ i sredimo, dobijemo: $A = \sqrt{\frac{I\ L}{1}\ \frac{L}{I_p}\ 2\ m\ (1 + \nu)}$

Označimo li sa $K_p = \frac{I\ L}{1}$ krutost ploče, a sa $K_n = \frac{I_p}{L}$ torzionu krutost nosača i uzmemo $\nu = \frac{1}{6}$ (za beton), dobijemo: $A = \sqrt{\frac{K_p}{K_n} \cdot \frac{7}{3}\ m}$

Za razne vrijednosti $\frac{K_n}{K_p}$ i *m* mogu se iz dijagrama 1 očitati vrijednosti A.

Na dijagramu 2 dane su vrijednosti *sh* i *ch* za argument A od 0 do 4,0 (dijagrami su na str. 166).



Slika 5

Račun vrijednosti D:

$$D = \alpha_{11} - \frac{\beta^2_{12}}{\alpha_{22} + \vartheta} = \frac{1}{3 . E . I} - \frac{\left(\frac{1}{6\ E\ I}\right)^2}{\frac{1}{3\ E\ I} + \vartheta}$$

Za $\vartheta = 0$ (kruto uklještenje na desnom kraju):

$$D = \frac{1}{3\ E\ I} - \frac{1}{12\ E\ I} = \frac{1}{4\ E\ I} \qquad (\vartheta = 0)$$

Za $\vartheta = \infty$ (zglobno učvršćenje na desnom kraju):

$$D = \frac{1}{3\ E\ I} \qquad (\vartheta = \infty)$$

Općenito:

$$D = \frac{1}{m \times E\ I}, \text{ gdje je: } m = 4\ \frac{1 + 3\ \vartheta\ E\ I}{1 + 4\ \vartheta\ E\ I}$$

$3 < m < 4$

U slučaju simetrije, t. j. kad je ploča sa obje strane ukliještena u jednake tordirane nosače $m = 2$ (simetrija).

Račun momenata tromosti. U nedostatku boljeg načina momenat tromosti se kod armiranih beonskih presjeka u praksi računa za puni betonski presjek bez obzira na armaturu.

Za punu ploču će biti $I = b\ \frac{h^3}{12}$ (u našem slučaju je $b = 1$).

Za rebričastu ploču (slika 5):

$$I = I_1 + I_2 + x^2\ \frac{F_1 x\ F_2}{F_1 + F_2}, \text{ gdje je:}$$

I_1 = momenat tromosti same ploče (obzirom na težište ploče),

I_2 = momenat tromosti rebra (obzirom na težište rebra),

F_1 = površina poprečnog presjeka ploče,

F_2 = površina poprečnog presjeka rebra,

x = udaljenost težišta ploče od težišta rebra.

Polarni momenat tromosti nosača I_p dobiva se za nosače pravokutnog presjeka (koji jedino dolaze u obzir u praksi) pomoću formule (Förster:

Taschenbuch für Bauingenieure, V izd., 1928, sv. I, str. 238):

$$I_p = \frac{b^4}{3}\left(\frac{h}{b} - 0{,}63 + \frac{0{,}052}{\left(\frac{h}{b}\right)^4}\right) \quad \text{za} \quad \frac{h}{b} > 1$$

Za kvadrat se dobija: $I_p \doteq 0{,}1404\ b^4$.

Račun veličine δ. Veličina δ nam karakterizira krutost stupova i eventualnih poprečnih nosača u koje je na ležaju ukliješten tordirani nosač, a predstavlja kut zaokreta čvora u koji je tordirani nosač ukliješten, ako je taj čvor opterećen jediničnim momentom.

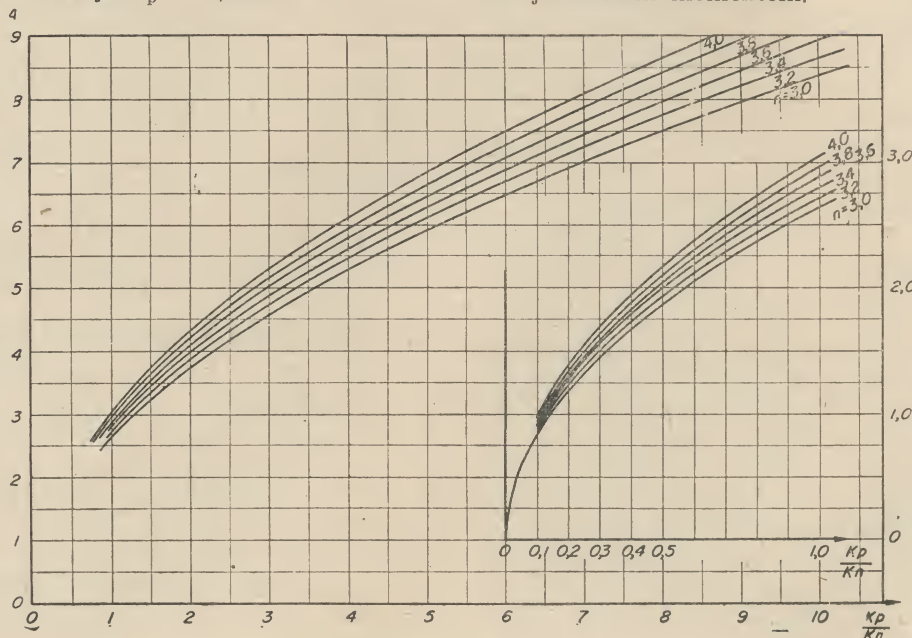


DIAGRAM 1

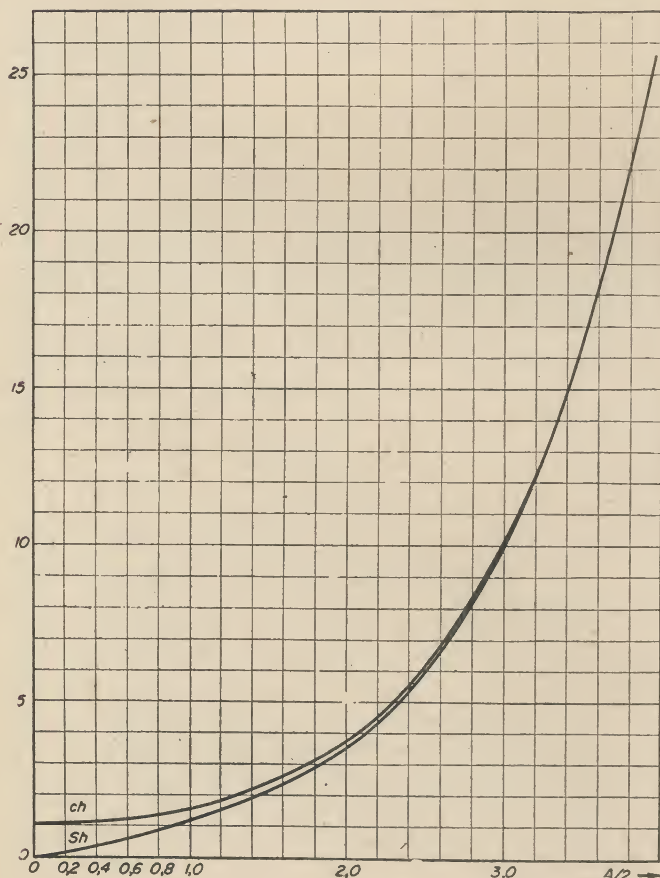
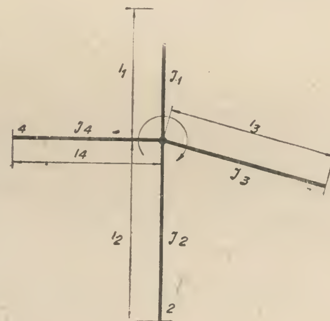


DIAGRAM 2

Ako se u čvoru sastaju n štapova računamo veličinu δ na slijedeći način:



Slika 6

Krutosti pojedinih štapova dane su izrazom $K_n = \frac{I_n}{l_n}$ za štap koji je na drugom kraju kruto ukliješten, a izrazom $K_n = \frac{3\ I_n}{4\ l_n}$ za štap koji je na drugom kraju zglobno učvršćen. Onda će biti:

$$\delta = \frac{1}{4\ E \sum_1^n K_n}, \text{ ako je } \sum_1^n K_n \text{ suma krutosti svih}$$

štapova koji se u čvoru sastaju. Ovdje dakako dolaze u obzir samo štapovi koji leže u ravnini okomitoj na tordirani nosač.

4. Primjeri

a) Armirana betonska rebričasta ploča raspona 5,0 m upeta je na lijevom kraju u nosač *A*; na desnom kraju se ploča nastavlja preko ležaja *B* u susjednu ploču raspona 4,0 m kao kontinuirana ploča; ova ploča je u ležaju *C* elastično upeta sa $^2/_3$ pune upetosti. Nosači 40×40 cm, koji nose ploču, leže na stupovima 40×40 cm na razmaku od 5,5 m. Ispitat ćemo jedno srednje polje (vidi sl. 7).

$$L = 5{,}5 \text{ m}, \qquad l = 5{,}0 \text{ m}.$$

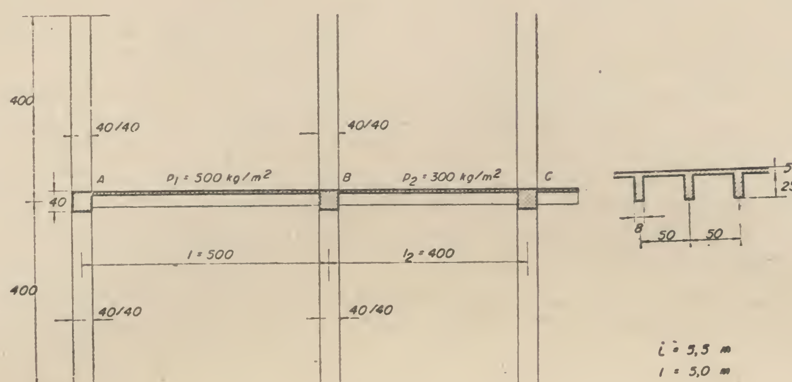
Kut ϑ ćemo dobiti tako da drugo polje opteretimo na lijevom kraju sa momentom $M = 1$. Onda će na desnom kraju (u C) djelovati momenat $M = \frac{1}{3}$.

$$E\,I\,.\,\vartheta = 1\,.\,\frac{l_2}{2}\,.\,\frac{2}{3} - \frac{1}{3}\,.\,\frac{l_2}{2}\,.\,\frac{1}{3} = \frac{5}{18}\,l_2 =$$

$$= \frac{5}{18}\,.\,4{,}0 = 1{,}11,$$

$$E\,I\,B = 2{,}60 - 3{,}13\,\frac{0{,}83}{1{,}67+1{,}11} =$$

$$= 2{,}60 - 0{,}94 = 1{,}66 \text{ tm},$$



Slika 7

Momenat tromosti ploče (za 1,0 m širine):

$$I = 100\,\frac{5^3}{12} + 16\,\frac{25^3}{12} + 15^2\,\frac{500\times400}{500+400} =$$

$$= 71\,861 \text{ cm}^4/\text{m}.$$

Polarni momenat tromosti nosača ($h = b = 40$ cm):

$$I_p = 0{,}1404 \times 40^4 = 359\,000 \text{ cm}^4,$$

$$B = \alpha_{01} - \alpha_{02}\,.\,\frac{\beta_{12}}{\alpha_{22}+\vartheta},$$

$$E\,I\,.\,\alpha_{01} = p_1\,\frac{l_1^3}{24} = 0{,}5\,\frac{5{,}0^3}{24} = 2{,}60 \text{ tm}.$$

Budući da je ovdje i drugo polje opterećeno, moramo za kut α_{02} uzeti ukupni kut za koji se krajevi obiju ploča u B zaokrenu jedan prema drugom u slučaju da su obje ploče u B zglobno položene.

$$E\,I\,\alpha_{02} = p_1\,\frac{l_1^2}{24} + \frac{l_2^2}{24}\,p_2 - p_2\,\frac{l_2^2}{48} \times \frac{2}{3} =$$

$$= 2{,}6 + 0{,}53 = 3{,}13 \text{ tm},$$

$$E\,I\,\beta_{12} = E\,I\,\beta_{21} = \frac{l}{6} = \frac{5{,}0}{6} = 0{,}83,$$

$$E\,I\,.\,\alpha_{22} = \frac{l}{3} = \frac{5{,}0}{3} = 1{,}67.$$

$$m = 4\,\frac{1 + 3\,\vartheta\,E\,I}{1 + 4\,\vartheta\,E\,I} = 4\,\frac{5 + 3\times1{,}11}{5 + 4\times1{,}11} = 3{,}53,$$

$$E\,I\,D = \frac{1}{m} = \frac{5{,}0}{3{,}53} = 1{,}42.$$

Krutost ploče: $K_p = I \times \frac{L}{l} = 71\,861\,\frac{5{,}5}{5{,}0} =$

$= 79\,000$ cm^4/m.

Torziona krutost nosača: $K_n = \frac{I_p}{L} = \frac{359\,000}{5{,}5} =$

$= 65\,300$ cm^4/m.

$$\frac{K_p}{K_n} = \frac{79\,000}{65\,300} = 1{,}21,$$

$$A = \sqrt{\frac{K_p}{K_n} \times \frac{7}{3}\,m} = \sqrt{1{,}21\,\frac{7}{3}\,3{,}53} = 3{,}15,$$

$$\text{sh}\,\frac{A}{2} = 2{,}2993, \qquad \text{ch}\,\frac{A}{2} = 2{,}5074.$$

Račun veličine δ. Moment tromosti stupa:

$I_s = \frac{40^4}{12} = 213\,600$ cm^4; pretpostavljamo da je stup gore zglobno učvršćen a dolje potpuno uklješten.

$$K_g = \frac{3}{4}\,\frac{I_s}{4{,}0} = 0{,}188 \times I_s, \qquad K_d = \frac{I_s}{4{,}0} = 0{,}25\,I_s,$$

$$\frac{I_s}{I} = \frac{213\,600}{71\,861} = 2{,}97,$$

$$E\,I\,\delta = \frac{I}{4\,K_n} = \frac{I}{I_s \times 4 \times 0{,}438} = \frac{1}{2{,}97 \times 4 \times 0{,}438} = 0{,}192.$$

Budući da se radi o srednjem polju, a sva su polja jednaka imamo z = 2.

Sada imamo sve veličine potrebne za izračunavanje M^o_u prema (5):

$$M^o_u = \frac{1{,}66}{2 \times 0{,}192 \times \frac{5{,}5}{3{,}15} \times sh\frac{3{,}15}{2} + 1{,}42 \times ch\frac{3{,}15}{2}} = \frac{1{,}66}{2 \times 0{,}192 \times \frac{5{,}50}{3{,}15} \times 2{,}2993 + 1{,}42 \times 2{,}5074} = 0{,}33 \text{ tm/m}^1.$$

Na ležaju nosača je moment upetosti ploče (10):

$$M^I_u = M^o_u \times ch\frac{A}{2} = 0{,}33 \times 2{,}5074 = 0{,}83 \text{ tm/m}^1.$$

Najveći momenat torzije u nosaču (12):

$$M^I_t = \frac{L}{A} \times M^o_u \times sh\frac{A}{2} = \frac{5{,}5}{3{,}15} \times 0{,}33 \times 2{,}2993 = 1{,}32 \text{ tm}.$$

Najveći momenat u ploči na ležaju B u sredini polja L (prema jednadžbi 4c):

$$M_b = \frac{\alpha_{02}}{\alpha_{22}+\vartheta} - M^o_u \times \frac{\beta_{21}}{\alpha_{22}+\vartheta} = \frac{3{,}13}{1{,}67+1{,}11} - 0{,}33\frac{0{,}83}{1{,}67+1{,}11} = 1{,}13 - 0{,}10 = 1{,}03 \text{ tm/m}.$$

Najveći momenat ploče u polju A—B:

$$\max M_1 = p\frac{1^2}{8} - \frac{M_a+M_b}{2} + \frac{(M_a-M_b)^2}{2 \times p \times 1^2} = 0{,}5\frac{5{,}0^2}{8} - \frac{0{,}33+1{,}03}{2} + \frac{(0{,}33-1{,}03)^2}{2 \times 0{,}5 \times 5{,}0^2} = 1{,}56 - 0{,}68 + 0{,}02 = 0{,}90 \text{ tm}.$$

Kad ne bi uzeli u obzir torzioni otpor nosača dobili bi slijedeće momente (računajući da je ploča na ležaju A zglobno položena):

na ležaju B $M'_b = 1{,}12$ tm/m^1,

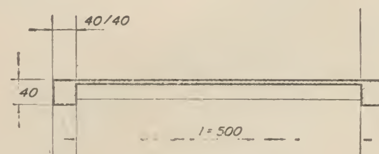
u polju $M'_1 = 1{,}01$ tm/m^1.

U ovom konkretnom slučaju momenti računati na točniji način, uzev u obzir i torzioni otpor nosača, manji su za oko 10% od momenata dobivenih prema uobičajenom načinu računanja.

Momenat torzije u nosaču uzrokuje dodatno posmično naprezanje veličine:

$$\tau_t = 4{,}79\,\frac{132\,000}{40^3} = 9{,}9 \text{ kg/cm}^2$$ uz ležaj nosača, pa je prema tomu potrebna dodatna armatura za torziona naprezanja.

b) Simetrična armirana betonska ploča preko jednog polja $\overline{A\ B}$ istih dimenzija raspona i opterećenja kao u primjeru a), ali koja je sa obje strane ukliještena u jednake nosače (sl. 8).



Slika 8

$B = \alpha_{01}$, $E\,I\,B = 2{,}60$ tm,

$$D = \alpha_{11} + \beta_{12} = \frac{1}{2\,E\,I}$$

$$E\,I\,D = \frac{5{,}0}{2} = 2{,}50 \text{ m},$$

$$A = \sqrt{\frac{K_p}{K_n} \times \frac{7}{3} \times 2} = \sqrt{1{,}21 \times \frac{7}{3} \times 2} = 2{,}38$$

$sh\frac{A}{2} = 1{,}4914$, $ch\frac{A}{2} = 1{,}7957$,

$E\,I\,.\,\delta = 0{,}192$, $z = 2$,

$$M^o_u = \frac{2{,}60}{2 \times 0{,}192 \times \frac{5{,}0}{2{,}38} \times 1{,}4914 + 2{,}50 \times 1{,}7957} = 0{,}46 \text{ tm/m},$$

$$M^I_u = 0{,}46 \times 1{,}7957 = 0{,}93 \text{ tm/m},$$

$$M^I_t = \frac{5{,}0}{2{,}38} \times 0{,}46 \times 1{,}4914 = 1{,}44 \text{ tm}.$$

Najveći momenat u polju će biti:

$$\max M_1 = 1{,}56 - 0{,}46 = 1{,}10 \text{ tm/m},$$

dok bi po uobičajenom načinu, ne uzimajući u obzir torzioni otpor nosača dobili momenat u polju: $M'_1 = 1{,}56$ tm/m.

Ovaj je momenat za oko 40% veći od momenta dobivenog po točnijoj metodi koja uzima u obzir i torzioni otpor nosača.

5. **Zaključak**

Izloženi način računanja armiranih betonskih ploča koje su uklieštene u rubne nosače pruža slijedeće prednosti u usporedbi sa dosada uobičajenim načinima:

a) Momenti izračunati na način koji je ovdje prikazan mnogo su bliži stvarnim momentima koji će nastupiti u konstrukciji. Konstrukcije dimenzionirane na temelju ovih momenata imat će znatno veću sigurnost.

b) Ovim je načinom omogućeno smanjenje armature u ploči i time stanovita ušteda na čeliku. Negativni momenti koji se javljaju na ležajima ploče mogu se gotovo uvijek pokriti uobičajenom armaturom koja se iz polja povija prema ležajima, bez dodavanja posebnih željeza. Ukupna ušteda na armaturi se nešto smanjuje ako moramo predvidjeti posebnu dodatnu armaturu za torziju u nosačima.

U vezi sa dimenzioniranjem torzione armature treba istaći još jednu činjenicu. Kao kriterij da li je potrebna posebna torziona armatura uzima se zbroj glavnih kosih naprezanja od prečne sile i kosih naprezanja od torzije. Ukoliko taj zbroj prelazi određenu dozvoljenu veličinu (koja ovisi o kvaliteti betona), onda se odgovarajuće sile moraju preuzeti posebnom armaturom. Međutim maksimalna naprezanja uslijed torzije se javljaju na kraju nosača i samo u jednoj točki na rubu u polovici visine nosača (ako je, kao obično, visina veća od širine), dok glavna kosa naprezanja od prečnih sila djeluju po čitavoj širini nosača i na većem dijelu visine. Prema tome ova dva naprezanja nisu ekvivalentna u pogledu njihovog utjecaja na sigurnost konstrukcije. Torziona naprezanja su mnogo manje opasna nego glavna kosa naprezanja od prečnih sila. To bi se moglo uzeti u obzir na taj način da se dozvole veća ukupna kosa naprezanja u slučajevima gdje je utjecaj torzije velik.

Stvarna raspodjela momenata i sila u nekoj konstrukciji ne ovisi o metodi po kojoj smo mi tu konstrukciju računali. Ako kod statičkog proračuna zanemarimo upetost ploče u rubne nosače, onda ćemo prejako dimenzionirati armaturu ploče u polju, a nosač ne će biti osiguran protiv torzionih naprezanja.

Međutim ova torziona naprezanja u nosaču kao i momenti upetosti u ploči će ustvari ipak nastupiti. Konstrukcija će ova naprezanja praktički uvijek bez štete podnijeti, ali na račun sigurnosti koju svaka konstrukcija posjeduje. Time može biti znatno smanjena rezerva sigurnosti za nepredviđene slučajeve. Budući da svaka konstrukcija nosi onoliko koliko i njezin najslabiji dio, to će stvarni faktor sigurnosti biti znatno manji usprkos tome što je konstrukcija skuplja nego što je potrebno.

ZAGREB I PODZEMNA GRADSKA ŽELJEZNICA

Ing. **Milko Sinković**, Zagreb

U posljednjih nekoliko godina bilo je u láičkim pa i u stručnim krugovima češće raspravljano pitanje, da li bi bilo moguće poboljšati u Zagrebu unutarnji gradski promet pomoću posebnih gradskih željeznica, naročito pomoću podzemne željeznice. Mislim da neće biti neinteresantno ako razmotrimo potrebu i mogućnost uvođenja takvog prometnog sredstva u gradu Zagrebu.

I — POJAM PODZEMNE ŽELJEZNICE

Značenje pojma »promet« je vrlo različito. Za potrebe narodnog gospodarstva može se primijeniti u širem i u užem smislu. U širem smislu znači promet izmjenu dobara na tržištu općenito. U užem smislu znači promet prijevoz dobara, obavijesti i osoba s jednog mjesta na drugo uz upotrebu najrazličitijih prijevoznih sredstava, koja su se razvila tokom vremena, već prema napredovanju tehničkih znanosti. Promet u tom smislu može se dijeliti na daleki promet između pojedinih mjesta, zemalja i kontinenata i na bliski promet, pod kojim razumijevamo unutarnji promet na području nekog grada i na području njegove bliže okoline.

U svrhu razmatranja postavljenog zadatka zanimat će nas u daljnjem samo bliski promet. On ima svoje posebnosti, od kojih treba naročito istaknuti činjenice, da služi skoro beziznimno samo putničkom prometu i da obuhvaća srazmjerno vrlo kratke putne relacije, tako da obično iznosi srednja dužina prevaljenog puta jednog putnika samo 4 do 8 kilometara. Uz to možemo kod bliskog prometa istaknuti još činjenicu, da može iznositi u gospodarski razvijenim zemljama broj putnika u bliskom prometu i trostruko toliko kao broj putnika u dalekom prometu.

Prirodno je bliski promet najjači tamo, gdje postoji najveća potreba za putovanje pojedinih osoba. Ukoliko je veći broj stanovništva nekog područja utoliko su veće prometne potrebe. Porast gradova u prvoj polovici ovog stoljeća u velegradove i svjetske velegradove prouzrokovao je paralelno i stalno veća potraživanja za odgovarajućim prometnim sredstvima, koja su se i tome srazmjerno dalje razvijala. Na početku su se pojavili omnibusi, nešto kasnije cestovne željeznice s konjskom zapregom. No oba ova prometna sredstva uskoro su se pokazala nedostatnim s obzirom na traženi kapacitet i voznu brzinu. Slijedile su iza toga parne gradske željeznice kao podignute ili spuštene željeznice, koje su se razvile po analogiji iz željeznica za daleki promet. Međutim te vrste željeznica mogle su se vrlo teško prilagoditi stvarnim gradskim potrebama, premda su savladavale mjestimice, kao na pr. u Londonu, Berlinu, Beču i dr., izvanredno obiman promet. Kao bitan napredak u gradskom prometu može se smatrati uvođenje

električnih cestovnih željeznica krajem prošlog stoljeća i nešto kasnije uvođenje autobusa. Ali s porastom velegradova povećale su se mase ljudi, koje je dnevno trebalo prevoziti kao i dužine putova, koje je trebao prevaliti pojedini putnik. Kraj nastale preopterećenosti cesta morao je konačno doći momenat kada ni električne cestovne željeznice ni autobusi nisu bili više u stanju da zadovolje prometne potrebe.

Nije dakle preostalo drugo nego da se gradske željeznice oslobode sa cestovnog tijela i vode ili neovisno od cestovnog prometa ili ispod samog cestovnog nivoa. Tako su nastale električne brze gradske željeznice kao podignute ili podzemne željeznice s velikim kapacitetom i mnogo većim brzinama od cestovnih željeznica.

Danas dijelimo masovna prometna sredstva, koja moraju svladavati prometne potrebe u velegradovima na ona, koja upotrebljavaju javne putove, a to su cestovne električne željeznice, autobusi i trolejbusi; te na ona, koja upotrebljavaju vlastita pružna tijela, tako da su potpuno neovisna od cestovnog prometa — na gradske brze željeznice.

S obzirom na karakter njihovog pružnog tijela možemo dijeliti brze gradske željeznice:

I. na **podignute željeznice,** bilo da im se pružno tijelo nalazi na potporama od čelika, betona ili zida, bilo na vijaduktima ili na nasipima. Te vrste željeznica mogu se izvesti također kao viseće željeznice na potporama.

II. na **željeznice s pružnim tijelom u nivou terena i**

III. na **spuštene željeznice.**

Ove posljednje mogu biti:

A) **otvorene spuštene željeznice** u usjeku među potpornim zidovima ili između kosina usjeka ili

B) **podzemne željeznice.**

Podzemne željeznice dijelimo nadalje:

1. na **potkolovozne željeznice,** koje su izvedene u obliku četverokutnog usjeka s obostranim potpornim zidovima i horizontalnom pokrovnom pločom neposredno ispod cestovnog kolovoza,

2. na **prave podzemne željeznice,** koje leže niže od potkolovoznih željeznica i kod kojih se nalazi gornja ivica tunela najmanje 2,5 metra ispod gornje površine terena i

3. na **cijevne podzemne željeznice,** koje se upotrebljavaju samo u većim dubinama, kako bi se mogla obići bez većih poteškoća nepodesna zemljišta, razne građevine, vodovi i riječna korita. U tom slučaju mogu se kod gradnje upotrebljavati samo načini tunelske izgradnje.

Svim vrstama podzemnih željeznica je općenito zajednički položaj ispod nivoa cesta. Te su podzemne željeznice bile izgrađivane u pojedinim velegradovima uz različite prilike. Kod današnje izgradnje brzih gradskih željeznica dolaze prvenstveno u obzir podzemne željeznice. Karakteristike tih željeznica jesu: vlastito pružno tijelo, električni pogon i odgovarajući željeznički sigurnosni uređaji.

II — KADA NASTAJE POTREBA ZA PODZEMNOM ŽELJEZNICOM

Donju granicu prometne potrebe za podzemnom željeznicom kao gradskog prijevoznog sredstva treba istražiti induktivnom metodom, t. j. treba stvarati zaključke iz postojećih činjenica i pojava. Zato treba ustanoviti stanje prometno-tehničkih prilika, koje su vladale u gradovima s podzemnim željeznicama u vremenu kad su bile te željeznice predane prometu. Kod toga su uzete u obzir i druge vrste brzih gradskih željeznica, kao podignute željeznice i željeznice u nivou, ali samo utoliko ukoliko tvore s podzemnim željeznicama jedinstvenu mrežu. Nisu uzete u obzir one podzemne željeznice, koje služe samo kao spojne pruge za daleki promet i kao takve ne tvore poseban neovisan sistem podzemnih željeznica. Uz induktivni postupak tog istraživanja bit će istovremeno provedeno istraživanje podzemnih željeznica u vremenskom redoslijedu u širem smislu, da bi se mogle obuhvatiti promjene, koje se temelje na iskustvima prijašnjih vremenskih odsjeka.

Nastaje pitanje kada se do sada pojavljivala potreba za podzemnim željeznicama u pojedinim velegradovima i koje pojedinačne okolnosti su tražile njihovu izgradnju.

Iskaz razvitka podzemnih željeznica, koje su bile izgrađene u vremenu od 45 godina (od g. 1890 do g. 1935) — vidi stranu 171 — navodi ukupno 16 gradova sa 3 kontinenta, Evropa (11 gradova), Amerika (4 grada) i Azija (1 grad). U Africi i Australiji do sada ne postoje gradovi s podzemnim željeznicama.

Ako uvažimo, da je god. 1934 postojalo na svijetu oko 550 velegradova sa 100 000 do 1 000 000 stanovnika i oko 32 svjetska velegrada s preko 1 milion stanovnika, možemo na temelju tog Iskaza tvrditi, da je oko god. 1935 imalo 40% svjetskih velegradova takve željeznice, a od samih velegradova samo 0,55%.

Poslije god. 1947 bio je prema objavljenim podacima izgrađen prvi dio podzemnih željeznica u Rimu (oko 1,2 miliona stanovnika) u dužini od oko 6 km i predan prometu god. 1955. Cijeli sistem u Rimu trebao bi imati nakon potpune planirane izgradnje dužinu od oko 27 km. Ovo je prva i jedina podzemna željeznica, koja je bila izgrađena poslije god. 1935. i poslije II svjetskog rata.

Prema sakupljenim podacima planirane su navodno podzemne željeznice u slijedećim velegradovima (u zagradi broj stanovnika u god. 1934):

1) Leningrad . . . . . (2 800 000)
2) Marseille . . . . . (800 000)
3) München . . . . . (750 000)
4) Milano . . . . . . (1 287 000)
5) Genova . . . . . . (800 000)
6) San Francisco . . . . (850 000)
7) Montevideo . . . . . (700 000)
8) Montreal . . . . . (1 259 000)
9) Rio de Janiero . . . (1 800 000)
10) San Paolo . . . . . (1 776 000)
11) Calcutta . . . . . . (1 500 000)
12) Osaka . . . . (2 700 000)
13) Cairo . . . . (1 100 000)
14) Sidney . . . . . . (1 480 000)

Ukoliko se je u navedenim gradovima već počelo izgradnjom podzemnih željeznica poslije god. 1947 nije mi poznato, niti sam mogao dobiti u literaturi o tome neke podatke. Vjerojatno nije u međuvremenu bila izgrađena nijedna podzemna željeznica. Svakako možemo tvrditi, da su se popeli danas poslije više od 20 godina do 1 miliona stanovnika i mnogi od navedenih gradova, koji u god. 1934 još nisu postigli taj broj.

Iz Iskaza podzemnih željeznica razabiremo, da je I svjetski rat prouzrokovao u razvitku tih željeznica izrazitu granicu, tako da možemo smatrati vrijeme prije tog rata kao I period građenja podzemnih željeznica, a kao II period vrijeme poslije tog rata. Ova granica između oba perioda nam daje prilično jasno zaključivati da se podzemne željeznice grade samo za mirnodopske svrhe.

Od god. 1890 do god. 1913 dakle kroz 23 godine bile su podzemne željeznice izgrađene u 11 velegradova, u vremenu II perioda od god. 1919 do 1935, dakle kroz 16 godina, bile su izgrađene samo u 5 velegrada i to prvenstveno u zemljama, koje nisu bile tangirane I svjetskim ratom. U svakom pogledu pokazuje I period izgradnje podzemnih željeznica veći prosperitet nego II period. Poslije I svjetskog rata nastupila je neka suzdržljivost u izgradnji tih željeznica, koja će imati svoj razlog više u pomanjkanju potrebnih materijalnih sred-

Iskaz razvitka podzemnih željeznica koje su postojale u godini 1947

Period	Redni broj	VELEGRAD	Kontinent	Glavni grad države	Lučki grad	Godina otvorenja pruge	Godine kasnijeg proširenja	Dužina pruge u km god. 1947	Broj stanovnika u godini otvorenja pruge	Broj stanovnika u god. 1947	Gradsko područje u 100 km²	Relativni stanovnici po ha u god. otvorenja	Svih vožnji po stanovniku u god. otvorenja
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I.	1	London	Ev.	+	+	(1863) 1890	1898, 04-07, 1919, 34, 38	384,0	(2,800.000) 4,320.000	8,302.000	17,94	24	170
	2	Budimpešta	Ev.	+	·	1896	·	3,75	607.000	1,421.000	2,07	30	·
	3	Glasgow	Ev.	·	+	1897	1898, 99	10,4	692.000	1,088.000	0,78	89	90
	4	Pariz	Ev.	+	·	1900	1901	174,3	2,660.000	4,930.000	4,79	56	190
	5	Berlin	Ev.	+	·	1902	1926, 1930	85,9	2,712.000	4,189.000	8,83	31	250
	6	Boston	Am.	·	+	1902	1908, 1912, 1922	51,8	550.000	781.000	2,38	23	350
	7	Liverpool	Ev.	·	+	1903	·	8,0	740.000	859.000	0,86	86	69
	8	New-York	Am.	·	+	1904	1908, 28, 1936, 38	510,0	4,050.000	6,930.000	7,74	52	280
	9	Philadelphia	Am.	·	+	1908	1922, 1928, 1932, 1936	39,8	1,550.000	1,991.000	3,32	47	353
	10	Buenos Aires	Am,	+	+	1911	1931, 1935	19.6	1,214.000	2,231.000	6,28	19	280
	11	Hamburg	Ev.	·	+	1912	1913-15, 1921, 1924	63,9	953.000	1,214.000	4,15	23	328
		Srednja vrijednost:							1,800.000	3,080.000	5,37	44	236
II.	12	Madrid	Ev.	+	·	1919	1929, 1935, 1941, 1944	28,0	790.000	1,014.000	0,67	118	181
	13	Barcelona	Ev.	·	+	1923	1925, 1935	15,0	844.000	1,060.000	0,56	150	·
	14	Tokio	Az.	+	+	1927	1935	8,0	2,218.000	5,663.000	2,06	107	217
	15	Stockholm	Ev.	+	+	1933	·	1,37	453.000	521.000	1,43	32	366
	16	Moskva	Ev.	+	·	1935	1938, 1941	41,5	3,500.000	3,663.000	2,46	142	486
		Srednja vrijednost:							1,560.000	2,384.000	1,44	110	310

Primjedba. Podaci za gornji Iskaz uzeti su iz knjige: Berger, Untergrundbahnen und ihre Einsatzgrenzen. Berlin 1951.

stava za njihovu izgradnju nego u smanjenoj potrebi za prijevoznim sredstvima te vrste. Poslije II svjetskog rata, izgleda, da je ta suzdržljivost nastupila još u daleko većoj mjeri.

Iz pojedinih kolona gornjeg Iskaza razabrat ćemo nekoje od važnijih elemenata, koji su utjecali na izgradnju podzemnih željeznica.

1) Broj stanovništva

Za određivanje momenta kada postaje nekom velegradu potrebna podzemna željeznica svakako je prvenstveno mjerodavan broj stanovnika, koji je imao dotični grad kod izgradnje takve željeznice (kolona 10). Dakle treba prvo razmotriti taj broj stanovnika i posebne mjesne prilike, koje utječu na potrebu izgradnje podzemne željeznice.

Iz Iskaza razabiremo, da je grad s najvećim brojem stanovnika, koji je dobio takve željeznice London sa 4 230 000 stanovnika u I periodu, a grad s najmanjim brojem stanovnika je Stockholm sa 453 000 stanovnika u II periodu. U I periodu iznaša prosječni broj stanovnika po gradu 1 800 000, u II periodu 1 560 000.

Logično bi slijedilo, da postoji tendencija, da se za izgradnju podzemne željeznice u novije vrijeme (II period) smanjuje broj potrebnog stanovništva za usvajanje takvog prometnog sredstva. Međutim bio bi to krivi zaključak, jer su se izgrađivale u I periodu podzemne željeznice u svjetskim velegradovima istom onda kada su ti imali već prilično veći broj stanovništva od prosječnog broja tog perioda. Ti su velegradovi izgradili obzirom na njihov broj stanovništva dosta kasno električne podzemne željeznice, jer, dakako, prije nisu ni postojali tehnički preduvjeti za njihovu izgradnju.

Iz samog broja stanovništva gradova s već postojećim podzemnim željeznicama ne možemo potpuno sigurno stvarati zaključke, kada će nastupiti potreba za njihovom izgradnjom u drugim gradovima. Ako razmotrimo iskaz velegradova s planiranim podzemnim željeznicama i ako uzmemo u obzir broj stanovništva tih gradova iz god. 1934, vidimo, da iznosi prosječni broj stanovnika u tim gradovima 1 400 000. Ali u međuvremenu u tim gradovima nisu bile izgrađene podzemne željeznice i ako sada računamo, da se je stanovništvo u tim gradovima povećalo do danas prosječno samo za 20% ,onda dobijemo današnji prosječni broj stanovnika u visini od 1 680 000. Vidimo, da je taj prosječni broj stanovnika prešao odgovarajući broj stanovnika II perioda izgradnje, te da se sve više približava broju I perioda, kojeg će s vremenom možda i prekoračiti.

Možemo zaključiti, da postaju prilike za izgradnju podzemnih željeznica sve nepovoljnije, iako se ne bi moglo tvrditi, da bi se radi toga smanjivala i specifična prometna potreba velegradova.

2) Površina gradova

Poslije utjecaja broja stanovništva treba istražiti prostorne prilike, t. j. treba uzeti u obzir i površine gradskih područja, jer se bliski promet vrši u njihovom opsegu.

Iz kolone 12 razabiremo površine gradskih područja u vremenu kada su u dotičnim gradovima predane prometu podzemne željeznice. Srednja vrijednost veličina površina po gradu u I periodu iznosi 537 km², u II periodu samo 144,0 km². Iz toga slijedi, da su velike površine gradskog područja povoljan preduvjet za izgradnju podzemnih željeznica. Gradske površine II perioda nisu više tako velike kao u I periodu. Gradovi II perioda osjetili su potrebu za podzemnom željeznicom već kod dosta manjih površina.

3) Gustoća stanovništva

U koloni 13 Iskaza iskazane su brojke relativnog stanovništva po hektaru u godini otvorenja podzemnih željeznica u dotičnim gradovima. Prosječna vrijednost gustoće stanovništva iznosi u I periodu 44 stanovnika po ha, u II periodu već 110 stanovnika po ha. Gradovi, koji su dosta rano izgradili svoje podzemne željeznice imali su prosječno manju gustoću stanovništva od onih gradova, koji su istom kasno dobili takve željeznice. Gustoća stanovništva ne prisiljava prema tome gradove, da svoj unutarnji promet sprovode ispod cestovnih površina. Naprotiv iz Iskaza možemo ustanoviti činjenicu, da su se gradile podzemne željeznice uz malu gustoću stanovništva prilično rano. Mnogobrojno stanovništvo na uskom prostoru, pogotovo u centru grada, stvarno koči promet unutar dotičnog područja i djeluje time negativno na potrebu za podzemnom željeznicom.

Kod nekih velegradova, kao na pr. u Berlinu i Hamburgu, gustoća stanovništva se u centru grada poslije otvorenja podzemne željeznice već za godinu dana smanjila za više od 50%. Međutim može gustoća stanovništva kao relativan broj biti uz veliki broj stanovnika samo onda niska ako je odgovarajuća površina gradskog područja velika. Iz toga slijedi, da je veličina površine gradskog područja, koje mora posluživati podzemna željeznica, mnogo važniji čimbenik za uvođenje takve željeznice od veličine samog broja stanovnika.

4) Broj vožnja po stanovniku na godinu

U koloni 14 naznačen je broj vožnja po stanovniku, koje su izvršili stanovnici dotičnog grada poslije otvorenja podzemne željeznice na svim javnim prijevoznim sredstvima. Srednja vrijednost I perioda iznosi 236 vožnji po stanovniku, dok se je taj broj povećao u II periodu na 310 vožnji, te se je taj broj povećao prema tome za 30%. Iz daljnjeg razmatranja proizlazi, da 75% gradova s ranim podzemnim željeznicama u I periodu iskazuje manji broj vožnja po stanovniku od onih gradova, koji su dobili takve željeznice kasnije, ali čiji su

stanovnici godišnje obavljali više vožnja. Iz ovih činjenica moglo bi se zaključiti, da su bile rano izgrađene podzemne željeznice, koje su imale manju frekvenciju, u stanovitoj mjeri više luksusne naprave. Kasnije podzemne željeznice su bile uz veću frekvenciju putnika građene iz nužne potrebe za javni promet. Taj zaključak bio bi svakako neispravan bar utoliko, što su bili rezultati prometnih sredstava u II periodu mogući na temelju napredovanja prometne tehnike uopće. Ne samo pogonske dužine pojedinih prometnih sredstava, već i sama ta sredstva su se u međuvremenu dalje razvijala. Prema tome su mogle podzemne željeznice, cestovne željeznice i autobusi prevesti u god. 1935 daleko veći broj putnika nego u godinama od 1890 do 1912.

Naprednija tehnika bila je u stanju kraj za 40% povećanog prometa savladati prijevoz putnika u kasnijim godinama mnogo lakše nego u I periodu gradnje podzemnih željeznica. Tako si možemo danas tumačiti, da može još tako veliki broj velegradova, pa i svjetskih velegradova savladavati svoj gradski putnički promet bez podzemnih željeznica.

5) Specifična prometna potreba

a) Intenzivnost prometa u odnosu prema ukupnom broju gradskog stanovništva

Godine 1930 ustanovio je Pirath, da raste u velegradskom putničkom prometu specifična prometna potreba t. j. broj putovanja jednog stanovnika u godini u odnosu prema ukupnom broju stanovnika u dotičnom gradu prema posebnom zakonu, kojeg je uz stanovite pretpostavke odredio trendnim računom. Kod uporeďivanja vrijednosti tih specifičnih brojeva u pojedinim svjetskim gradovima iz godine otvorenja njihovih podzemnih željeznica s brojevima dobivenim po Pirathovom postupku i koje se odnose na gradove Tokio, Pariz, Berlin, Moskvu, New York i London proizlazi, da je bila specifična prometna potreba u svim tim gradovima osim Moskve mnogo manja i to za 1/4 do 1/2 manja od one ustanovljene po Pirathu za godinu 1930. Samo u slučaju Moskve bila je prometna potreba obzirom na broj stanovništva prilikom otvaranja podzemne željeznice za skoro 1/3 veća od očekivane. Iz tog prikaza razabiremo, da se je svojevremeno nalazio u spomenutim velegradovima doduše velik broj stanovnika, no oni nisu pokazivali potrebe za gradskim putovanjima u onoj visini, koja je za god. 1930 bila smatrana normalnom. Primjer Moskve naprotiv nam pokazuje, da je njezina podzemna željeznica bila izgrađena vrlo kasno, kada su prometne potrebe već bile daleko iznad normale.

Gradovi, koji su kasno gradili svoje podzemne željeznice uz manji broj stanovništva raspolagali su u ono vrijeme već i sa drugim i to toliko dobrim prometnim sredstvima, da je mogla biti specifična prometna potreba i srazmjerno dosta velika.

b) Intenzivnost prometa u odnosu prema veličini gradskog područja

Kod istraživanja utjecaja veličine gradskog područja na gradnju podzemnih željeznica bilo je već prije ustanovljeno, da su velike površine prouzrokovale rano građenje tih željeznica. Zbog toga treba istražiti i broj godišnjih putovanja gradskog stanovnika u odnosu prema veličini gradskog područja. I ova istraživanja moguće je sprovesti pomoću trendnog računa. Rezultati tog istraživanja kažu, da velike plohe gradskog područja ne prouzrokuju povećanje intenzivnosti prometa već ga naprotiv smanjuju. Pošto su rane podzemne željeznice bile izgrađene u gradovima koji su obuhvaćali velika gradska područja, bile bi prema gornjem zakonu godišnje vožnje stanovnika po broju manje od onih u gradovima s kasnim podzemnim željeznicama i manjim područjem, koji su naprotiv imali veću prometnu potrebu. Ovi stanovnici nisu obavljali tako skupe vožnje zbog kraćih relacija, a osim toga pružalo im se više mogućnosti za razne vožnje već i zbog samog tehničkog napretka ostalih prometnih sredstava. Već prije postavljeno pravilo, da velika gradska područja traže rane podzemne željeznice, ostaje i dalje u krijeposti, jer samo takve željeznice mogu svladavati brzo veće udaljenosti.

6) Posebne karakteristike gradova s podzemnim željeznicama

Ako razmotrimo u Iskazu imena pojedinih velegradova opažamo, da imaju svi ti gradovi stanovite karakteristike velegradova sa svjetskom važnošću i značenjem. Dakako igra tu gospodarska strana najvažniju ulogu. Ti gradovi jesu ili čvorišta svjetskog prometa ili predstavljaju svjetska tržišta najvažnijih dobara ili posjeduju razvijene industrijske grane svjetskog interesa, kao na pr. čeličnu, brodograđevnu, pamučnu, prehrambenu i t. d. Za prosuđivanje važnosti tih velegradova s podzemnim željeznicama izabrana su samo dva kriterija, jedan znači glavni grad dotične države (kolona 5), drugi kriterij znači svjetsku luku (kolona 6). Vidimo, da je od 16 velegradova s podzemnim željeznicama 9 od njih glavnih gradova dotičnih zemalja, a 11 je svjetskih lučkih gradova, no 4 njih su jedno i drugo. Nijedan velegrad, koji nema tih karakteristika nema do danas podzemnu željeznicu.

Istraživanja kada i zašto je bila do sada potrebna podzemna željeznica možemo za opseg naših razmatranja smatrati sa čisto empiričke strane zaključenima. Od svih gore navedenih faktora proizlazi veličina plohe gradskog područja kao najmjerodavniji elemenat. Slično kao što je svojevremeno uvođenje pare kao pogonske sile kod željeznica i brodova prouzrokovalo ogroman razvitak dalekog i prekomorskog prometa, tako je električni pogon omogućio gradskim prijevoznim sredstvima brz i siguran prijevoz na velikim gradskim površinama. Kod tog prometa su konačno bile pruge i

ostali uređaji smješteni ispod nivoa gradskih cesta. No na taj korak nisu bili gradovi prisiljeni brojem stanovništva niti brojem vožnji već samo nuždom, da se savlada vožnja preko gradskog područja od njegove periferije do centra u određenom vremenu. Potrebnu brzinu bilo je moguće postići samo pomoću brzih gradskih željeznica s karakteristikom, koja je bila već uvodno istaknuta: vlastito pružno tijelo, električni pogon i odgovarajući željeznički sigurnosni uređaji.

7) Teoretski dokaz za potrebu gradnje podzemne zeljeznice

Sa strane raznih stručnjaka bili su pravljeni pokusi, da se deduktivnom ili apstraktnom metodom dokaže potreba podzemne željeznice. To su oni pokušavali određivanjem utjecajnih zona raznih prometnih sredstava. Nažalost mora se kod uporabe tih metoda odustati od uvažavanja niza okolnosti, koje su u životu velegradova vrlo važne.

Lehner, na pr., je mišljenja, da mogu velegradovi ispod 1,5 miliona stanovnika zadovoljiti svoje prometne potrebe bez posebnih gradskih brzih željeznica. Ovo bi mnijenje moglo biti opravdano ako uvažimo, da postoji danas na svijetu bar 25 takvih gradova, koji se ne služe brzim gradskim željeznicama, a ipak kako tako svladavaju svoj gradski promet.

Drugi autori, kao na pr. Yoyant i poznati stručnjak svjetskog glasa Blum, su mišljenja, da postaje pitanje gradskog putničkog prometa »opasno« već kod gradova sa 600000 do 700000 stanovnika. Blum smatra, da je to mišljenje utemeljeno u prvom redu poteškoćama za dobivanje potrebnih slobodnih površina za prometne putove, a u drugom redu u činjenici, da će se vrlo teško naći kod srazmjerno tako malih velegradova mogućnost financiranja izgradnje tako skupih željeznica.

III — GRANICE KOJE DOZVOLJAVA PRIVREDA GRADNJI PODZEMNIH ŽELJEZNICA

Brze gradske željeznice traže za svoju izgradnju izvanredna materijalna sredstva, koja ostale željeznice ne dosižu ni izdaleka. Troškovi izgradnje podignute brze gradske željeznice dosižu i 10 kratnu, troškovi podzemne željeznice 20—30 kratnu visinu troškova, koju traži izgradnja normalne željeznice. Kod toga su troškovi izgradnje tunela u centru grada pogotovo visoki zbog raznih radova na osiguranju građevina, prelaza ispod vodotoka i slično.

Iz tog razloga moramo svakako pretpostaviti, da postoje granice, koje određuje privredno stanje dotičnog grada odnosno zemlje, kada i pod kojim uvjetima je moguće graditi gradsku podzemnu željeznicu.

Na gradnju podzemnih željeznica utječu i načini, kojeg provode kod financiranja gradnje različiti gospodarski sistemi, kapitalistički i socijalistički. Iz Iskaza razvitka podzemnih željeznica vidimo, da su bile izgrađene u prvih 15 velegradova podzemne željeznice na kapitalističkim principima, a samo u 16-tom velegradu, u Moskvi, na socijalističkom.

Podrobnije razmatranje gospodarskih i financijskih pitanja kod gradnje podzemnih željeznica, iako interesantno, nije za naša daljnja razmatranja od naročite važnosti. Svakako je potrebno istaknuti, da vremenski razvitak gradnje podzemnih željeznica pokazuje, kako je već bilo spomenuto, suzdržavanje od njihovog daljnjeg građenja. U I periodu (od g. 1890 do g. 1913) od 23 godine izgrađene su u 11 velegradova podzemne željeznice. U II periodu (od g. 1919 do g. 1935) od 16 godina izgrađeno je samo u pet velegradova to prometno sredstvo. Od g. 1935 do 1954, dakle kroz 19 godina, nije bilo u tom pogledu izgrađeno ništa. Istom god. 1955 nastupa opet jedan svjetski velegrad s takvom željeznicom. Činjenicu stagnacije u građenju podzemnih željeznica poslije II svjetskog rata možemo si obrazložiti samo vanrednim poteškoćama kod dobave potrebnih materijalnih sredstava za tako skupe građevine, kao što su brze gradske željeznice uopće, a podzemne napose.

IV — PRIMJENA UTJECAJNIH ELEMENATA ZA GRADNJU PODZEMNE ŽELJEZNICE NA GRAD ZAGREB

Na temelju tako dobivenih utjecajnih elemenata za gradnju podzemne željeznice u nekom gradu možemo razmotriti utjecaj tih elemenata na prometnu potrebu za takvim prometnim sredstvom za grad Zagreb.

Prema podacima direktivne regulatorne osnove za grad Zagreb iz god. 1953 te godine je Zagreb imao 364000 stanovnika na površini od 235,74 ha, s gustoćom stanovništva od 15,4 stanovnika po ha. U toj se osnovi predviđa, da će Zagreb za 20 do 30 godina povećati svoje stanovništvo na 600000, s kojim brojem treba računati kod perspektivnog planiranja. Na istoj gradskoj površini bi u tom slučaju iznosila gustoća 25,4 stanovnika po ha.

1) S obzirom na iznesene elemente iz karakteristike gradova možemo tvrditi, da Zagreb nije niti glavni grad države niti uopće lučki grad. U gospodarskom pogledu možemo Zagreb smatrati najrazvijenijim industrijskim i trgovačkim gradom u državi, ali ipak ni njegova industrija ni trgovina ne pokazuje produkciju i promet dobara svjetskog značenja. S te točke može se potreba grada Zagreba za podzemnom željeznicom ocijeniti samo negativno.

2) U pogledu kriterija s obzirom na današnji broj stanovništva možemo iz Iskaza razabrati, da do sada ni jedan grad s tim brojem stanovnika nije gradio podzemnu željeznicu. Ako računamo s perspektivnim brojem od 600 000 stanovnika vidimo, da je u II periodu dobio takvu željeznicu samo Stockholm sa 453 000 stanovnika, inače glavni grad države i važna trgovačka luka. Ali dužina njegove podzemne željeznice iznosi samo 1,34 km kao dio

brze predgradske željeznice, koja je u preostaloj svojoj dužini izgrađena izvan tunela. U I periodu dobio je Boston, koji je glavna izvozna luka agrikulturnih proizvoda USA uz 550 000 stanovnika, podzemnu željeznicu. Danas ima Boston oko 800 000 stanovnika. U istom periodu je bila izgrađena kao druga na svijetu podzemna željeznica u Budimpešti s ondašnjih 607 000 stanovnika kao pokusna željeznica na početku građenja ove vrste željeznica kao potkolovozna željeznica, ali samo u dužini od 3,75 km. Premda se je do danas stanovništvo toga grada povećalo skoro do 1,5 miliona ipak se mreža te podzemne željeznice nije kroz 60 godina ništa povećala. Slijedi, da može i uz taj broj stanovnika grad savladati svoj unutarnji promet i drugim prometnim sredstvima i da svojevremena izgradnja te podzemne željeznice ni onda, pa ni danas, ne predstavlja neku apsolutnu potrebu.

Svi ostali gradovi s podzemnom željeznicom imaju veći broj stanovnika od 600 000.

Iz gornjeg vidimo, da ni sama perspektivna veličina broja stanovništva isto ne govori u prilog izgradnje podzemne željeznice u Zagrebu, pogotovo ako uporedimo taj broj stanovništva s brojem stanovnika u gradovima, u kojima su se navodno planirale, ali su do danas još ostale neizgrađene te vrste željeznica.

3) Sama površina gradskog područja ne bi, doduše, govorila protiv izgradnje podzemne željeznice, jer ima 7 velegradova čak i manju površinu svog područja od Zagreba, a nekako istu površinu kao Zagreb imaju Moskva sa 3,66 miliona i Tokio sa 5,66 miliona stanovnika. U područje Zagreba pripojene su za posljednjih godina nekoje okolišne općine s malim brojem stanovnika. Nadalje spada u to područje čitav južni predio Medvednice s minimalnim brojem stanovništva. Sama gradska površina ima inače po svojoj veličini povoljan utjecaj za skoru izgradnju brzih gradskih željeznica, ali samo u tom slučaju ako su te površine i odgovarajuće naseljene.

4) Gustoća stanovništva Zagreba iznosi danas 15,4 lica po ha, perspektivno 25,4 lica po ha. Uz takvu gustoću stanovništva gradile su se podzemne željeznice u nekojim velegradovima u I periodu, premda je prosječna gustoća onda iznosila 44. U II periodu prosječni broj popeo se na 110 lica po ha. U Stockholmu s najnižom gustoćom taj je broj iznosio 32 lica po ha. Gustoća stanovništva u Zagrebu govori protiv gradnje podzemne željeznice.

5) Za daljnje kriterije — za broj vožnja po stanovniku i za specifičnu prometnu potrebu manjkaju mi potrebni podaci, te mi u tom pogledu nije moguće stvarati neke meritorne zaključke.

6) Već iz podataka za karakteristiku grada, broja stanovništva i gustoće razabiremo, da svi ti podaci govore protiv uvođenja podzemne željeznice u Zagrebu. Mislim, da bi trebalo dosadašnjim razmatranjima dodati još jednu vrlo važnu činjenicu. Već prije je bilo istaknuto, da su gradovi u I periodu gradili podzemne željeznice kada im ostala prometna sredstva nisu bila više dovoljna za svladavanje potreba gradskog prometa. Kasnije se podzemene željeznice nisu tako brzo izgrađivale, jer ta potreba nije nastupala tako brzo, pošto su se druga prometna sredstva utoliko usavršila uvođenjem električnih cestovnih željeznica s vozilima većeg kapaciteta, s uvođenjem autobusa i kasnije trolejbusa. U II periodu je nastupilo građenje podzemnih željeznica istom onda kada su bile sve mogućnosti prometa na ostalim prometnim sredstvima iscrpljene. Slijedi, da bi i u Zagrebu mogao nastupiti momenat potrebe za podzemnom željeznicom istom onda kada bi već bile iscrpljene sve druge mogućnosti. U slučaju Zagreba se to uz današnje stanje gradskih masovnih prometnih sredstava nikako ni u nikojem pogledu ne može tvrditi. Veliku većinu gradskog prometa obavlja električni tramvaj, mali dio autobusi. Možemo tvrditi da je danas u Zagrebu glavno prometno sredstvo narodnih masa električnih tramvaj. Taj posjeduje već dobro organiziranu mrežu, koja je danas u mnogim pogledima još nepotpuna. U zadnjih 8 godina ta se je mreža prilično proširila i upotpunila.

Ali ta mreža pokazuje osnovnu grijēšku, jer je željezničkim prugama dalekog prometa raspolovljena u južni i sjeverni dio, koji su međusobno povezani samo jednim spojem i to preko Savske ceste. Takvih spojeva između oba dijela tramvajske mreže trebalo bi biti bar 4 do 5. Ti spojevi se mogu izvršiti istom onda kada će biti pruge dalekog prometa podignute iznad nivoa cesta. Jedan od osnovnih preduvjeta za uredno funkcioniranje tramvajskog prometa je uređenje zagrebačkog željezničkog čvorišta. U drugom redu mora imati tramvaj i dovoljan i uredan vozni park. Na tome trpi mreža veliko pomanjkanje. Pogotovo se to osjeća za vrijeme satova najintenzivnijeg prometa u takozvanim prometnim vršcima. Nadalje bi se morale postaviti bar jedna do dvije daljnje remize, kako bi mogla kola za pojačanje u prometnim vršcima što prije osvanuti na mjestima potrebe. Ukratko, prvenstveno treba urediti tramvajski promet i sve ono što je preduvjet za takvo uređenje. Osim toga treba urediti i pojačati autobusni promet na svim onim mjestima gdje se tramvajske pruge ne mogu provesti. Tek kada bude uređen promet ovim prijevoznim sredstvima bit će moguće ustanoviti specifične prometne potrebe grada, te će na njihovim temeljima konačno biti moguće stvoriti odluku, koje će korake biti potrebno poduzeti, da se udovolji svim prometnim potrebama, a konačno možda i odluku o brzim gradskim željeznicama ili naposlijed o stvaranju podzemne željezničke mreže .

Naša razmatranja ne bi bila potpuna, ako se ne bi osvrnuli na činjenicu, da se danas u svim velegradovima obavlja velik dio gradskog prometa individualnim cestovnim vozilima: automobilima i motociklima. Kaos, koji je danas nastao na grad-

skim cestovnim površinama i kriza, u koju su zapala zbog toga poduzeća javnog gradskog prometa uzrokovan je upravo tom pojavom. No u Zagrebu je taj promet tako neznatan, da kada bi u budućnosti došlo do njegovog povećanja samo u razumnoj i potrebnoj mjeri, izazvalo bi to znatno rasterećenje postojećih masovnih prometnih sredstava.

Obzirom na sve gore iznijete činjenice mišljenja sam, da specifične prometne potrebe za podzemnom željeznicom u Zagrebu nema niti će je predvidivo biti u budućnosti. Gornja razmatranja su nam ipak pokazala put, kojim treba ići, da se uredi gradski masovni promet i da može biti vrlo skupa izgradnja podzemne željeznice gradu Zagrebu ušteđena, jer takva potreba danas ne postoji niti će postojati u dogledno vrijeme, pak je izlišno voditi računa o gradskim podzemnim željeznicama na području grada Zagreba.

O KROVNIM LETVICAMA
NA OPLATAMA PROSTORNIH KONSTRUKCIJA

Ing. **Kruno Tonković**, Zagreb

Osnovni je preduvjet trajnosti drvenih konstrukcija, da su dovoljno prosušene. Prirodni je i trajni način smanjenja opasnosti od truljenja zaštita drveta od vlage.

Nije dovoljno, dakle, upotrebiti samo dosta suho drvo, nego se treba pobrinuti, da se drvo i za vrijeme građenja i kasnije u konstrukciji može, ako se slučajno ovlaži, lako i prosušiti, te da se ne nalazi u zagušljivom prostoru.

Osobito je nepovoljno, ako se drvene konstrukcije »zaštite« tako, da se daščana oplata ili ljepenka direktno priljubi o konstrukciju, jer se time sprečava strujanje zraka i sušenje. Takvi objekti mogu brzo izgnjiti pod oplatom, a usto se to stanje ne može niti pravodobno primijetiti.

U krovištima sa slobodnim ravninskim nosačima opasnost od zadržavanja vlage i ugušenja drveta znatno je manja nego kod prostornih konstrukcija, koje imaju nekoliko slojeva oplata.

Ventiliranje prostora oko oplata prostornih konstrukcija može se provesti na taj način, da se daske oplata razmaknu, a iznad oplata da se ne stavi odmah ljepenka ili lim, nego se najprije polože krovne letvice.

Ova briga za promajom važna je i zbog toga, jer se u eksploataciji lako dogodi, da gornji sloj pokrova, koji štiti od vode i vlage, bude oštećen, pa se nosivi dijelovi konstrukcije provlaže ili se pak vlaga iz zraka kondenzira na pojedinim mjestima konstrukcije. Ako se takva ovlaženja ne mogu brzo prosušiti tada se samo slučajno može izbjeći propasti konstrukcije uslijed truljenja.

Stalne drvene prostorne konstrukcije, koje imadu zakrivljene plohe, najpodesnije je pokriti limom. Taj pokrov možemo pričvrstiti jednostavno tako, da preko najgornjeg sloja oplata stavimo lim, ispod kojega se eventualno umetne još sloj krovne ljepenke.

Radi li se o stalnim objektima, tada takav jednostavni način polaganja zaštitnih slojeva nije bez prigovora.

Budući da je veoma važno što bolje ventilirati drvene konstrukcije, to se predviđaju u limenom pokrovu svodova, kupola i sličnih prostornih konstrukcija na stanovitim visinama pokrova takvi sastavci limova u kojima se limovi ne povezuju nepropusno nego kroz nastavak može strujiti zrak.

To su t. zv. odušci, koji omogućuju promaju i služe kao ventilacija.

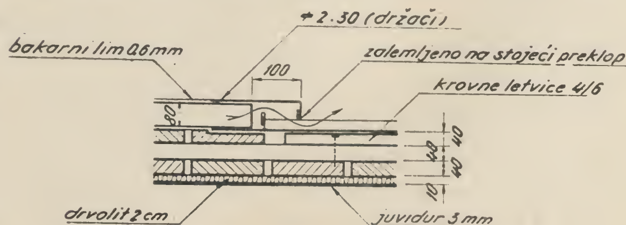
Da bi ta mjesta mogla dobro funkcionirati potrebno je ostaviti zračni prostor između oplate i lima, potrebno je dakle predvidjeti krovne letvice povrh oplata.



Slika 1 — Krovne letvice na drvenoj kupoli u Zagrebu

Letvice su kod toga kratki komadi, koje se poslaže tako, da između komada jednog reda ostaju otvori kroz koje može strujiti zrak.

Naročito je važno predvidjeti mogućnost provjetravanja slojeva dasaka onda, kad se konstrukcija gradi od nedovoljno prosušene građe. Tada



Slika 2 — Odušak na ravnom krovu

moramo osigurati, da se drvo može u gotovoj konstrukciji naknadno prosušiti. Znači, bezuvjetno moramo predvidjeti zračenje oko oplata.

Letvice se ne stavljaju povrh oplata nikada na običnim krovištima, kojima su vezači ravninski sistemi nosača. Tamo se jedino ispod lima uloži spomenuti sloj ljepenke.

Ali valja razlikovati taj slučaj i prilike koje postoje kod prostornih konstrukcija, gdje su oplate nosivi elementi konstrukcije.

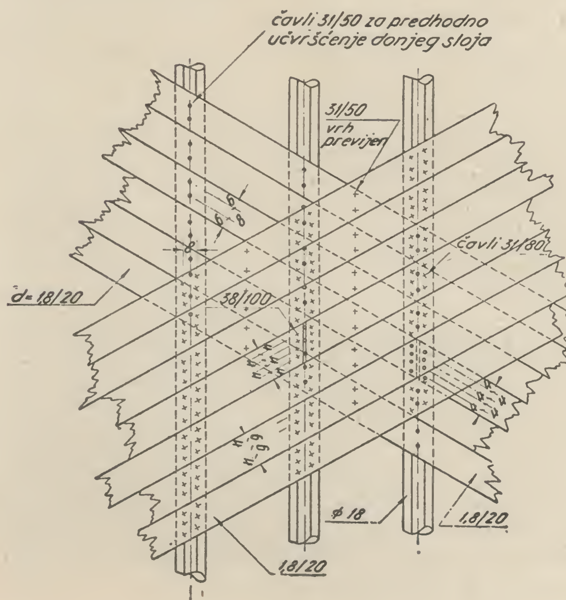
U prvom slučaju predviđamo oplatu samo zato, da bi mogli preko krute plohe staviti meku izolaciju. Ne bi dakle imalo smisla iznad krute plohe, koju smo željeli dobiti, stavljati letvice. Oplata kod ravninskih sistema nije element osnovne nosive konstrukcije, pa ako i propadne lako ju zamijenimo; ako njene daske i popucaju uslijed topline ili studeni nije to presudno za konstrukciju. Osim toga, takva je oplata uvijek jednoslojna, ploha njena redovno je ravna, veoma rijetko tek blago jednostruko zakrivljena, čavli su u njoj rijetki, te oni čavli koje kroz lim zabijemo u te daske, ne će dovesti do raspucavanja, a ne smetaju im niti drugi, nosivi čavli u daskama.

Kod nosivih oplata prostornih drvenih konstrukcija stvar je drukčija. Tamo su oplate redovito višeslojne, pa je nekoliko slojeva dasaka pritisnuto po čitavim plohama drvo uz drvo. Kod njih dakle imamo upravo one okolnosti, koje se preporuča izbjegavati u interesu trajnosti konstrukcije. Osobito, kad se radi o oplati u dva, tri sloja tada je prirodno ventiliranje drveta veoma otešćano, pa je potrebno pobrinuti se, da se ne stvore mrtvi prostori bez ventilacije, u kojima se zadržava vlaga i stvaraju naročito pogodne prilike za razvoj plijesni. Naročito je to važno imati na umu kad se konstrukcija nalazi nad prostorijom u kojoj se razvija dosta vlage.

Krovne letvice povrh oplata podesne su zbog toga što se iznad oplata time stvara prostor kroz koji se ventilira oplata. Osim toga, ako stavimo letvice tada se drvo oplata ne će tako jako ugrijati, niti hladiti, kao kad bi bilo neposredno ispod lima. Ovo je veoma vrijedno s obzirom na opasnost od raspucavanja dasaka nosivih oplata, u kojima se nalazi mnogo čavala i kojima su daske savijene po izvitoperenim plohama.

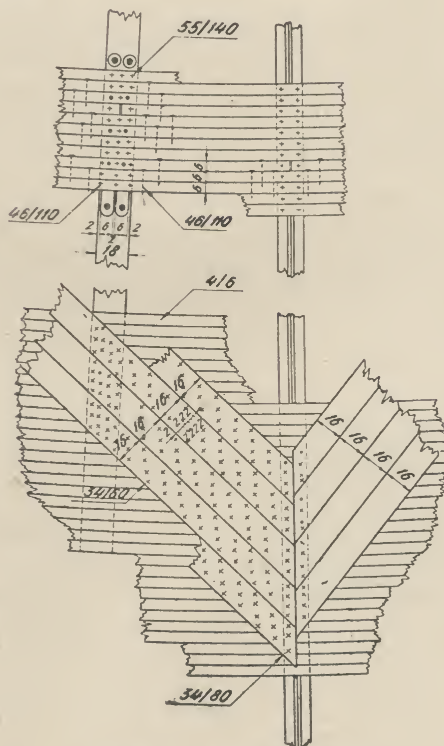
Slojevi nosivih oplata puni su naime čavala, kojima su daske: zadržane u vitoperom obliku, povezane međusobno i pričvršćene o donje nosive elemente konstrukcije, što se dobro vidi u skicama razmještaja čavala u oplatama. Ako k tim čavlima još pridodamo čavle koje treba lim, dobit ćemo okolnosti, da će se na nekim mjestima daske sigurno raspucati od tolike količine čavala, čemu će uvelike potpomoći neublaženo ugrijavanje i hlađenje drveta oplata, koje se nalaze neposredno ispod lima.

Nezgodno je zatim, što čavle lima ne možemo zabijati tako, da pravilno ulaze između čavala oplata, jer kad ih zabijamo ne vidimo gdje su drugi čavli. Krovne letvice pak imaju manje čavala za pričvršćivanje, vidimo te čavle kad ih zabijamo, pa ih je daleko lakše zabiti tako, da čavli padnu u



Slika 3 — Čavli nosivih oplata prostorne konstrucije tipa shed

međuprostore drugih čavala, koji već postoje u oplatama.

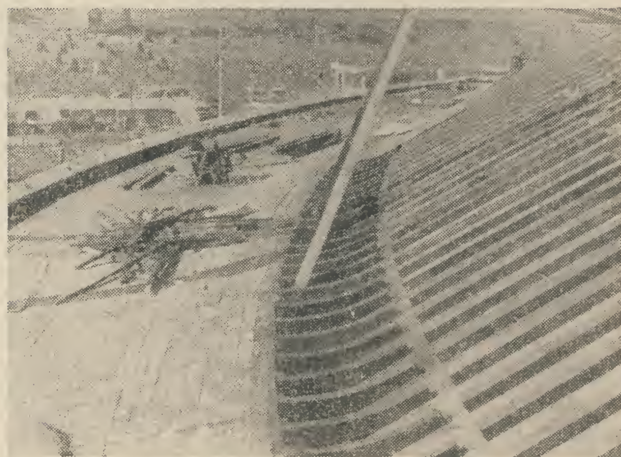


Slika 4 — Čavli na kupoli

Kod popravljanja oštećenih mjesta na limu te kod mijenjanja lima, ako nisu predviđene krovne letvice, uvijek ćemo nanovo oštetiti oplate zabi-

janjem novih čavala u njih, a na mjestima gdje limeni pokrov procuri u takvom će se slučaju voda cijediti kroz rupu čavla direktno u unutrašnjost drveta oplata i t. d.

Kod velikih krovišta često rad na konstrukciji i njenom pokrivanju traje duže vremena, te ne možemo pretpostaviti, da za sve to vrijeme ne će



Slika 5 — Letvice kod oduška

biti kiša ili ovlaženja. Moramo računati s time, da će se dogoditi te bismo trebali ugrađivati ili prekrivati smočeno drvo. Radi toga ćemo trebati u gotovoj konstrukciji promaju na kojoj će se drvo prosušiti. Kod velikih objekata bit će često probitačno na krovne letvice odmah čim se do njih stigne staviti krovnu ljepenku, jer se to može vrlo brzo izvesti i tako odmah zaštititi konstrukciju, a radovi na pokrivanju limom traju znatno duže, pa su kiše neizbježne.

Pričvršćenje lima na letvice ima i nedostataka.

Tako na pr. lim možemo bolje pričvrstiti na oplatu nego na letvice. Ali, važno je, da vjetar ne može odići lim s letvica ništa lakše nego s oplate; naravno, dok je lim čitav i vjetar puše preko plohe, a krovište je ozdo oplaćeno. Istina je, zatim, da će



Slika 6 — Odušak na kupoli

se lim stavljen preko letvica saviti pod ljudima, koji će preko njega bezobzirno hodati; ali ljudi rijetko hodaju po krovu, a i tada moraju ići u čarapama ili papučama, pa je opterećenje lima znatno ublaženo. Osim toga mogućnosti su za savijanje lima malene; razmak letvica od osi do osi uzima se kojih 20 cm, međuprostor je otprilike 15 cm, a pod teretom lim će se ponašati kao »viseći lim«. Konačno, na letvice treba utrošiti i stanovitu količinu drvene građe.

Ipak, nedostaci rješenja pokrova s letvicama nisu ekvivalentni koristi koju umetanje letvica pruža, radi toga možemo preporučiti predviđanje letvica na oplatama prostornih drvenih konstrukcija pokrivenih limom, iako one na prvi pogled daju dojam, da su suvišne. Ovaj se zaključak odnosi samo na stalne drvene konstrukcije.

PROBLEM NAVODNJAVANJA U SJEDINJENIM AMERIČKIM DRŽAVAMA

Ing. **Frano Hekman**, Split

(Svršetak)

NAČINI NAVODNJAVANJA I NJIHOVA PRIMJENA

Dugogodišnje iskustvo u navodnjavanju odražuje se u tom, da je najrašireniji način u Sjedinjenim Američkim Državama **navodnjavanje u brazdama.** Sve glavne kulture (kukuruz, šećerna repa, pamuk i sl.) navodnjavaju se primjenom ove metode, jer je ona naročito povoljna za kulture, koje se obrađuju za vrijeme uzgoja. Mogućnost stvaranja tvrdih gruda i kore na površini je smanjena i može nastupiti samo na dijelu površine, koji je u dodiru s vodom.

Upotrebu ove metode opravdavaju i specifične prilike područja, kao i ekonomski razlozi, koji daju prednost navodnjavanju u brazdama i to:

Visoki stepen površinske evaporacije na Zapadu reduciran je u odnosu na ostale metode navodnjavanja, iz razloga što je samo $^1/_3$—$^1/_5$ površine polja navlažena.

Navodnjavanje u brazdama ne zahtijeva planiranje tla u takovom stepenu kao kod preplavljivanja. Moguće je uspješno navodnjavati i prilično nagnuta tla bez pretjerane erozije, ukoliko se brazde pravilno postave.

Prilagođavajući količinu dotoka i dužinu brazde u ovisnosti o nagibu i vrsti tla, moguće je ovom metodom navodnjavati razna tla bez obzira na stepen propusnosti.

Mogu se koristiti čak i najmanje raspoložive vodne količine, jer ovaj način navodnjavanja ne zahtijeva obilan dotok. Katkada je u upotrebi i dotok manji od 30 l/sec. S obzirom na ograničeni

kapacitet bunara i manjih izvora, primjena ove metode je veoma korisna.

Ispravno projektiran i izveden sistem navodnjavanja osigurava dobru kontrolu nad vodom za cijelo vrijeme navodnjavanja.



Slika 14 — Navodnjavanje u brazdama (Texas)

Poznato je, da navodnjavanje u brazdama ne osigurava jednolično razdiobu vode u zoni korijena s obzirom na činjenicu da koncentracija vode u uskim brazdama nejednolično vlaži zemljin profil.

Kod ove metode također postoji velika razlika u vremenu kontakta vode sa zemljom između gornjeg i donjeg dijela navodnjenog područja. Uslijed velike razlike u vremenu jasno je, da u gornjem dijelu dolazi do dubljeg procjeđivanja nego u donjem dijelu. Potrebno je stoga u početku puštati veću količinu vode u brazde, da stigne što prije sa jednog kraja na drugi. Čim voda stigne na kraj brazde, dotok se smanjuje na takovu mjeru, da drži brazdu vlažnom na cijeloj dužini. Ovo donekle smanjuje nepotrebno oticanje sa donjeg kraja polja.

Radi potpune opskrbe tla s vodom na čitavoj dužini brazde, otok vode na završetku brazda je neizbježiv. Ovo uslovljava izradu drenažnih kanala u svrhu odvodnje suvišne vode.

Proces obrađivanja tla, kao i djelovanje vode za vrijeme navodnjavanja, zahtijeva redoviti popravak brazda prije svakog navodnjavanja.

Prigodom rukovanja jedan čovjek nije u stanju da upravlja sa dotokom većim od 50 lit/sec.

Upotrebljavaju se duboke brazde i brazde valovitog oblika, već prema vrsti kultura. One se snabdijevaju vodom iz kanala, većinom pomoću teglica raznih dimenzija, radi jednolike raspodjele vode po brazdama.

Za što uspješniju primjenu ovog načina navodnjavanja upotrebljavaju se posebno izrađeni grafikoni, koji prikazuju za razne nagibe tla krivulje protoka u odnosu na dužinu brazde i na vrijeme koje je potrebno da voda stigne do kraja brazde. Pravilnim odabiranjem ovih elemenata izbjegava se neželjena erozija tla, a uspjeh navodnjavanja postaje optimalan.

Od površinskih metoda upotrebljava se često i **sistem preplavljivanja,** i to onda kada je u pitanju navodnjavanje kultura krmnog bilja ili kada se ispiru slatinasta tla.

Preplavljivanje se uglavnom vrši na četiri načina i to:

1. preko poljskih jaraka (divlje plavljenje),
2. unutar površina ograđenih manjim nasipima,
3. u manjim kasetama,
4. sa zaprekama.

U modernom navodnjavanju sistem divljeg preplavljivanja smatra se veoma rasipnim. Upotrebljava se samo u slučajevima gdje je raspoloživa količina vode neograničena ili gdje se navodnjavanje vrši neredovito (na prekide). Preporuča se da se ovaj način navodnjavanja zamijeni drugim savremenijim i uspješnijim metodama.

Ostali načini preplavljivanja imaju svoje specifične prednosti i nedostatke, koji utječu na konačni izbor, a ovisni su o području i vrsti kulture.

Procesom preplavljivanja cijela zemljina površina postaje vlažna, a raspodjela vode jednolična unutar zone korijena. Na ovaj način omogućeno je lakše ispiranje slatinastih tala, kojih na Zapadu ima u izobilju, jer voda odnaša razne soli u dublje podzemlje. Osim toga preplavljivanje ima široku primjenu kod raznih vrsta tala i za razne raspoložive vodne količine.

Prigodom rukovanja uštećuje se na vremenu, jer je potreban veoma mali broj naprava u razvodnom sistemu. Jedan rukovalac može upravljati sa dotokom od približno 300—500 l/sec. Kad je sistem već izgrađen i kad se nalazi u upotrebi, troškovi održavanja su prilično niski. Sve ove prednosti osobito pogoduju razvoju ovog načina navodnjavanja za široka područja u stočnim krajevima, gdje se uzgaja sijeno i krmno bilje (Montana, Wyoming i dr.).



Slika 15 — Navodnjavanje u brazdama — uzimanje vode iz kanala pomoću teglica

Ovaj način navodnjavanja ne može imati široku primjenu na strmim padinama, jer tlo mora biti poravnato.

Ravnanje zemljišta zahtijeva tehničku vještinu i potrebne strojeve da se postigne željeni pad. Ovi radovi povećavaju troškove izgradnje, što često nije ekonomski opravdano.

Nasipi, koji ograđuju natapne površine, smetaju prigodom žetve i obrade tla. Nemoguće je praktički eliminirati prelaženje preko graničnih nasipa, koji su redovno uski i visoki. To je ozbiljan nedostatak za uspješnu primjenu mehanizacije u poljoprivredi. Stoga se ovaj način navodnjavanja



Slika 16 — Navodnjavanje kišenjem (Idaho)

u Americi ne upotrebljava za kulture koje traže veću primjenu mehanizacije. Osim toga, tla veoma sitnog sastava (na pr. ilovača) imaju sklonost da otvrdnu na površini uslijed vlage, stvarajući grude i koru, koja može biti veoma štetna za biljke. Stabljike obično bivaju oštećene, a u nekim slučajevima sjemenje je nesposobno da nikne kroz tvrdu koru.

Utvrđeno je nadalje, da izvjesne kulture podbacuju u prirodu, kada se primjeni metoda preplavljivanja, jer kompaktnost tla na površini, prouzrokovana od vlaženja, ograničava zračenje tla.

Metoda **umjetne kiše** je pod izvjesnim uslovima jedino uspješno sredstvo za dopunu prirodne kiše, odnosno za nadomještanje vlage potrebne za poljoprivrednu proizvodnju.

Poznato je da se posebna prednost umjetne kiše sastoji prvenstveno u navodnjavanju strmih padina, tala sa visokim stepenom propusnosti i tala koja ne mogu biti uredno pripremljena za primanje vode primjenom površinskog navodnjavanja. Pod tim uslovima ova vrst navodnjavanja je, možda, jedina metoda koja se u Americi preporuča. Pokušaj da se natapa zemljište, koje ima ove posebne karakteristike nekom drugom metodom, je nekoristan i skup, a u mnogim slučajevima neprimjenljiv.

Pravilno projektiran i izveden sistem treba da omogući da sva kišna voda bude apsorbirana bez nepotrebnog površinskog oticaja. Ovo je naročito važno za tla sa strmim nagibima, da se spriječi erozija.

Prednost ove metode je i u velikoj pokretljivosti opreme, jer se može instalirati i za vrijeme vegetacije bez odstranjivanja kulture sa površine. Ovo je naročito pogodno u humidnim područjima, gdje se navodnjavanje primjenjuje kao dopunsko sredstvo za slučaj da prirodne oborine nisu dale dovoljno vlage tlu.

Poznato je, da se ovom metodom navodnjavanja ušteđuje na vodi, pa je primjena umjetne kiše od osobite važnosti za neka područja koja oskudijevaju vodnim izvorima.

Nedostaci koji se pripisuju ovoj metodi navodnjavanja dolaze osobito do izražaja u nekim dijelovima Zapada. Područja sa jakim vjetrovima imaju ozbiljno ograničenje kod primjene ovog sistema, jer vjetar onemogućava ravnomjerno navodnjavanje čitave površine. Također se i gubici u evaporaciji tom prigodom povećavaju.

Kod glinovitih terena, koji imaju propusnost manju, nego li je kapacitet rasprskivača, nastaje neizbježno površinsko zamočvarenje, koje se odražava u površinskom oticanju.

Metoda umjetne kiše nema svojstvo prilagođavanja, i kad je jednom projekat ostvaren nema mogućnosti izmjene, te se voda može trošiti količinski samo po predviđenom planu i rasporedu. Ovo rezultira u predimenzioniranju sistema kada potražnja za vlagom u nekim humidnim područjima nije najveća. U takvim slučajevima sistem neće biti u stalnoj upotrebi.

Investicioni troškovi za instalaciju, koji uključuju brojnu mehaničku opremu kao i troškovi održavanja i pogona su redovito veći nego kod bilo kojeg drugog načina navodnjavanja.

U upotrebi se nalaze pokretne i stabilne naprave, a katkada i kombinirane, već prema uslovima korištenja.



Slika 17 — Navodnjavanje kišenjem — pokretni sistem (Imperial Vally, California)

U posljednje vrijeme se umjetna kiša upotrebljava sve više, jer se osvajaju nove površine sa strmim nagibima i pjeskovitom strukturom tla, a ima primjenu samo ondje gdje nije moguće iz bilo kojih razloga racionalno primjeniti sistem površinskog navodnjavanja.

POTREBA VODE

Budući da je čuvanje vodnih zaliha od velike važnosti za poljoprivrednu ekonomiju Zapada, bitno je ustanoviti točno potrebu vode za navod-

njavanje, radi pravilnog planiranja, projektiranja, izvedbe i korištenja natapnih sistema.

U ranijim vremenima nije se ustanovljavala potrebna količina vode za navodnjavanje zemljišta. Strah od suše, uslijed koje su propadali usjevi za vrijeme pionirskih dana, nukao je potrošače da neštedice upotrebljavaju vodu. Oni su mislili, da je poljoprivredna proizvodnja u direktnom razmjeru s količinom upotrebljene vode; stoga su tražili godišnje daleko više vode, nego je stvarno bilo potrebno. Međutim razvojem navodnjavanja početkom dvadesetog stoljeća, ustanovljen je putem eksperimenata odnos između količine upotrebljene vode i postignutih prihoda.

U novije doba, uslijed naglog razvoja navodnjavanja, vodni izvori postali su ograničeni. Ostvarenjem većih akumulacija i izgradnjom odgovarajućih građevina, povećana je cijena vode. Stoga je i razumljivo nastojanje, da se što brižljivije procijene vodne potrebe.

Ukupna potreba vode za navodnjavanje definirana je kao količina vode potrebna da se zadovolji poljoprivredna proizvodnja. Tu su uključeni umjereni i neizbježivi gubici, koji su izvan dohvata kontrole, kao i količina utrošene vode za rast biljke. Ova je količina u Americi obično izražena ili u volumenu za određeno područje i vrijeme, ili u visini vode u inchima (1 inch = 25,3 mm) za određeno vrijeme.

Važnu ulogu u određivanju ukupnih potreba igra konsumptivna potreba t. j. evapo-transpiracija. Ona je ovisna o klimi (kiša, temperatura, vlaga, vjetar i vegetaciona sezona), vodi, tlu i konfiguraciji terena.

Da se ustanovi konsumptivna potreba upotrebljavaju se slijedeće metode:

Metoda dotoka i otoka sastoji se u ustanovljenju prosječne količine utrošene vode za jedno zatvoreno područje, mjerenjem dotoka (podzemnog i nadzemnog) i otoka, uključujući oborine i svaku promjenu zalihe podzemne vode za određeni period vremena. Ova metoda daje prosječnu potrošnju za određeno područje, ali ne daje utrošak vode po pojedinim kulturama.

Druga metoda, koja je češće u upotrebi, je integraciona metoda, koja se bazira na ustanovljenju potrošene vode za pojedine kulture. Poznavajući površine zasađenih kultura može se sa dovoljnom točnošću ustanoviti prosječnu potrošnju za određeno područje.

Opiti se čine sa t. zv. »evapo-transpiration tanks« različitih veličina, zatim mjerenjem dnevne fluktuacije vodostaja podzemne vode, ukoliko korijenje dosiže do podzemne vode, odnosno mjerenjem vlage na raznim dubinama u zoni korijenja.

Na temelju klimatoloških podataka mogu se također dobiti približno točni rezultati.

Metoda Lowry-Johnson se sastoji u određivanju konsumptivne potrebe na bazi temperature. Uspostavljen je odnos između utroška i zbroja dnevnih maksimalnih temperatura iznad točke smrzavanja za vegetaciono razdoblje. Na taj način određuje se za svako pojedino područje konsumptivna potreba.

Na temelju rezultata eksperimentalnih istraživanja za zapadni dio Amerike uspostavljena je jedna empirijska formula, koja daje odnos između temperature, dužine vegetacionog perioda, mjesečnog postotka godišnjih dnevnih sati i konsumptivne potrebe za pojedine kulture.

Konsumptivna potreba izražena je formulom

$$U = K \times F,$$

gdje je:

U = konsumptivna potreba izražena u inčima,

$F = \Sigma f$ = zbroj faktora mjesečne konsumptivne potrebe za određeni period (zbroj produkata srednje mjesečne temperature i mjesečnog postotka godišnjih dnevnih sati),

K = empirijski koeficijent ovisan o vremenu natapanja i kulturi,

t = srednja mjesečna temperatura u F^0,

p = mjesečni postotak godišnjih dnevnih sati,

$f = \frac{t \times p}{100}$ = faktor mjesečne konsumptivne potrebe.

Za sve glavne kulture vršena su pažljiva ispitivanja za razne uslove i lokacije, i dobiven je niz raznovrsnih podataka.

Svi su ovi podaci prikupljeni, sređeni i službeno objavljeni; oni služe kao putokaz za uspješnu primjenu kod navodnjavanja.

Na nižoj tabeli dati su sažeti podaci za glavne kulture.

Kulture	Vegetacioni period (mjeseci)	Koeficijent K	Faktor F	Konsumptivna potreba U (nči)
Grašak	3—4	0.60—0.70	21.9—29.2	12.8—18.0
Kukuruz	4	0,75—0.85	20.5—29.4	19.4—29.3
Pamuk	7	0.60—0.65	40.1—51.1	23.6—31.0
Lucerka	između mrazeva	0.80—0.85	26.1—57.5	21.6—52.5
Proso	3	0.75—0.85	17.7—23.3	12.0—18.0
Trava	između mrazeva	0.75	27.5	19.0—25.0
Krumpir	3½	0.65—0.75	18.7—29.4	15.0—23.0
Šećerna repa	6	0.65—0.75	31.9—39.9	22.8—26.3
Rajčice	4	0.70	22.7—32.6	17.0—22,8
Povrće	5	0.60	33.9—44.2	21.4—24.6
Naranče	7	0.47—0.56	38.7—73.6	18.1—32,4

Ovi podaci su veoma važni, kako za projektiranje, specijalno za riječne slivove kao cjelinu, tako i za pojedine potrošače radi pravilnog korištenja vode.

Čista potreba vode, da se zadovolji konsumptivna potreba dobija se odbitkom korištene oborine za vrijeme natapne sezone. Ova čista potreba natapne vode, podijeljena sa korisnim učinkom daje sezonsku potrebu vode za pojedine kulture:

$$I = \frac{U - R}{E}, \text{ gdje je}$$

I = ukupna potreba vode u inčima,

U = konsumptivna potreba u inčima,

R = zbroj mjesečnih oborina korištenih unutar sezone navodnjavanja u inčima,

E = korisni učinak ovisan o veličini gubitaka, uključujući procurivanje u kanalima, procjeđivanje u podzemlje i površinsko oticanje.

Ovaj učinak se definira kao onaj postotak od ukupne količine vode namijenjene za navodnjavanje koji je iskorišten za potrebe biljke.

Vrst tla i način navodnjavanja uslovljuju gubitke u slijedećem postotku:

Gubici	Vrst tla		
	porezna tla %	srednja ilovača %	teška glina %
u kanalima	15	10	5
u površinskom oticanju	15	15	30
u procjeđivanju	35	15	5
Korisni učinak	35	60	60

Na bazi svih ovih podataka računa se ukupna potrebá vode za navodnjavanje.

Studije, međutim, pokazuju da se niski korisni učinak pojavljuje i s razloga što neki farmeri koriste zastarjele sisteme i pokušavaju da navodnjavàju nepravilne površine, upotrebljavajući prekomjerne količine vode za svako natapanje.

Prema debljini natopljenog sloja zemlje u ovisnosti o kulturi određuje se broj natapanja u sezoni. Prosječno glavne kulture traže za svako natapanje 80—200 mm vode, a navodnjavaju se sezonski prosječno 5 puta.



Slika 18 — Tip Parshallovog slapa

Norma utroška vode za umjetnu kišu je 75 mm (3 inča) za svako natapanje. Na minutu padne na tlo 1/2 mm taloga, t. j. oko 30 mm na sat. Poslije 2—3 sata natapanje se prekida, i turnus se obnavlja nakon 10—12 dana. Dnevno se navodnjava 12 sati.

Ostale površinske metode za svako natapanje traže veći utrošak vode nego umjetna kiša, a i vrijeme navodnjavanja je mnogo duže.

Potreba vode u jedinici vremena određuje se pomoću poznate formule

$$Q \cdot t = d \cdot A,$$

gdje je:

Q = protoka u jedinici vremena,

t = vrijeme,

d = prosječna debljina natopljenog sloja,

A = područje.

Na temelju ovih podataka svaki je farmer u stanju da odredi, za svoje područje i kulturu, potrebu količine vode ili vrijeme trajanja svakog natapanja.

Za mjerenje vodne količine većinom se upotrebljava Parshallov slap, koji se naročito primjenjuje kod ravnih terena, jer zahtijeva neznatan pad. Kod većih slapova manje količine vode navraćaju se direktno u zidanu komoru i mjere pomoću specijalnog vodomjera.

Osim Parshallovog slapa nalaze se u upotrebi razni oblici preljeva, a katkada i Cipollettijev slap.

U upotrebi se nalaze tabele, koje za pojedine dimenzije slapa i vrst materijala daju gotove podatke.

ORGANIZACIJA I FINANSIRANJE

Primjena navodnjavanja zahtijeva izgradnju, održavanje i rukovanje napravama od izvora do mjesta navodnjavanja. Za ostvarenje ovih ciljeva potrebna je izvjesna organizacija, koja posjeduje naprave i upravlja operacijama navodnjavanja, radi opskrbe samih potrošača.

Razvojem navodnjavanja, razvijala se je i forma organizacije, već prema uslovima razvoja i specifičnim prilikama pojedinih područja.

Pothvati, koji su poduzimani u Americi kroz historiju, radi ostvarenja navodnjavanja, bili su:

pojedinačni ili društveni,
zadružni,
trgovački,
teritorijalni,
državni ili gradski,
federalni.

Pojedinačni ili društveni pothvati nastaju inicijativom pojedinih farmera ili nekolicine njih, koji zajednički, bez formalne organizacije, ostvaruju svoje ciljeve.

Radovi, koje oni poduzimaju, odnose se uglavnom na uzimanje vode iz manjih vodotoka ili izvora gravitacionim putem, ili pumpanjem podzemne vode iz bunara.

Ovi pothvati obuhvaćaju oko 1/3 cjelokupnog navodnjenog područja na Zapadu.

U prvoj etapi razvoja navodnjavanja ovi su pothvati bili najuobičajeniji, a počeli su jenjavati početkom dvadesetog stoljeća sve do 1930 god., t. j. do razvoja industrije i elektrifikacije, kada su se za korištenje podzemne vode iz dubokog podzemlja počele u velikoj mjeri upotrebljavati pumpe

na električni pogon. Ovi će pothvati i ubuduće prevladavati u područjima, koja ovise isključivo o podzemnoj vodi.

Zadružni pothvati ostvaruju se slobodnim udruživanjem zainteresiranih putem privatnih organizacija na bazi zadružnih principa.

Ove zajednice grade svoje vlastite natapne sisteme, održavaju ih i rukovode njima, a katkada obuhvaćaju površinu i preko 80 000 ha.

Oko ¼ navodnjenog područja na Zapadu ostvareno je putem zadružnih pothvata.

Trgovački pothvati nastaju većinom na onim područjima, gdje privatnici nemaju interesa u izgradnji zajedničkih sistema. Ovi pothvati obuhvaćaju oko 5% postojećeg navodnjenog područja.

Stepen važnosti ovih pothvata varira u raznim dijelovima Zapada. U Californiji veliki broj trgovačkih kompanija još uvijek je u porastu (oko 7%) i opskrbljuje vodom jedan dio industrijskih i gradskih potreba.

Nedavni podaci također ukazuju na to, da je u Texasu ova vrst pothvata u porastu, i to specijalno na rižinim poljima. Ali, ipak, razvoj navodnjavanja putem trgovačkih kompanija nema budućnosti i može se smatrati kao stvar prošlosti.

Teritorijalni (District) pothvati. Stvarna nužda u izvjesnim područjima diktirala je obavezno udruživanje na temelju zakonskih propisa. Ove javne korporacije poznate su pod imenom »irrigation districts«.

Svaka država, s obzirom na specifične prilike, ima svoj zakon, ali se svi temelje na istim principima. Ovi distrikti se osnivaju u svrhu izgradnje, održavanja i upravljanja objektima, koji služe za navodnjavanje, odlukom većine zainteresiranih vlasnika unutar granice distrikta. Distrikti se mogu osnovati ne samo za potrebe navodnjavanja, već i za ostale primarne svrhe, kao obranu od poplave, korištenje vodnih snaga i slično. Samo se u tom slučaju nazivaju »public district«.

Do danas su distrikti za navodnjavanje izgradili ili kupili, te održavaju ili upravljaju napravama, koje služe za navodnjavanje ⅕ ukupno navodnjenog područja na Zapadu.

Državni ili gradski pothvati poduzimaju se samo na manjim područjima pod specijalnim uslovima.

Neki državni zavodi, škole i institucije imaju svoje odgovarajuće natapne sisteme, kojima navodnjavaju svoje vlastito zemljište, većinom u znanstvene svrhe. Neki gradovi imaju također svoje farme, koje se koriste kanalskom vodom.

U svemu, ovim se načinom navodnjava svega oko 50 000 ha zemljišta.

Federalni pothvati sastoje se u direktnom učešću Federalne vlade u ostvarenju zamašnih projekata.

Do 1940 Federalna vlada putem Uprave za melioracije (»Bureau of Reclamation«) izgradila je veliki broj objekata, koji opskrbljuju vodom preko 12% ukupno navodnjenog područja na Zapadu. Pored toga izvršena je dopunska opskrba za više od 8% već navodnjenog područja.

U 1950 navodnjeno je putem federalnih pothvata preko 2 300 000 ha zemljišta.

Razvoj mnogih do sada neiskorištenih vodnih izvora zahtijeva visoki stepen istraživanja, projektiranja i finansiranja van domašaja mogućnosti privatnog kapitala. Stoga Federalna vlada ima interesa i odgovornost, koliko za navodnjavanje toliko i za ostale vodoprivredne probleme uključivši plovnost, kontrolu poplava, iskorištavanje vodnih snaga, uređenje većih vodotoka i zaštitu tla od erozije. Ovi interesi i odgovornost zahtijevaju učešće Federalne vlade u sadašnjem i budućem razvoju.

Ove zadatke Federalna vlada ostvaruje putem svojih budžetskih ustanova i to: Uprave za melioracije (»Bureau of Reclamation« — Department of the Interior), Vojne inženjerske grupe (»Corps of Enginneers U S Army«), Komisije za energetiku (»Federal Power Commission«), Službe za zaštitu tla (»Soil Conservation Service« — Department of Agriculture).

Radi koordinacije u radu svih zainteresiranih ustanova postoji za svaki veći sliv poseban komitet, u kojemu su zastupane preko svojih članova sve zainteresirane ustanove.

Kontrolu poplava i plovnost na velikim rijekama ima u svojim rukama Vojna inženjerska grupa. Financijska sredstva odobrava Federalna vlada i objekti su federalna svojina.

Briga za osvajanje novih obradivih površina putem odvodnje i navodnjavanja, uključivši iskorištenje vodnih snaga i usputnu zaštitu od poplave, povjerena je Upravi za melioracije. Federalna vlada je vlasnik objekata i upravlja njima. Električnu energiju prodaje raznim kompanijama direktno na izvorištu, a vodu za natapanje ustupa putem ugovora već spomenutim udruženjima interesenata, uz otplatu anuiteta, koji se odnose na dio troškova oko izgradnje natapnog sistema.

U mnogim slučajevima teritorijalne organizacije za navodnjavanje (irrigation districts) formirane su u svrhu sklapanja ugovora sa Federalnom vladom za otplatu troškova građenja, održavanja i eventualnog upravljanja natapnim uređajima.

Neki distrikti, koji imaju svoje vlastite natapne sisteme, sklapaju ugovor sa Federalnom vladom samo za dopunsku opskrbu vodom. Za nekoliko sistema sličan je ugovor sklopljen i sa privatnim udruženjima. Nekim manjim sistemima ili dijelovima većih sistema, građenim po »Bureau of Reclamation«, sada upravljaju distrikti ili privatna udruženja.

Zadatak Uprave za melioracije jest istraživanje, projektiranje, izgradnja, upravljanje i kontrola unutar svoje djelatnosti.

Uprava ima svoje sjedište u Washingtonu, a podijeljena je u tri glavna sektora i to:

Tehnički sektor radi na osnovama za navodnjavanje i energetiku, vrši nadzor i koordinaciju u projektiranju sa ostalim uredima. U ovaj rad uključena je i odgovornost za usklađivanje svih planova i smjernica rada. Vrši obavještavanje zainteresiranih departmana, agencija i kongresa u pogledu planova, politike građenja i slično.

Operativni sektor ima sjedište u Denveru (država Colorado), t. j. u centru Zapada. Vrši detaljna istraživanja, teoretska i praktična ispitivanja, projektiranja i nadzor nad gradnjom objekata.

Treći sektor je opći i financijski; vodi brigu o financiranju izgradnje, vrši ugovaranja i stara se o naplati anuiteta uz ostalo administrativno poslovanje.

Postoji još 7 područnih ureda, koji teritorijalno obuhvaćaju područje jednog riječnog sliva ili više manjih, bez obzira na političku podjelu područja. Ovi uredi odgovorni su za upravljanje, usklađivanje i izvršenje svih odobrenih zadataka Uprave unutar područja. Svaki područni ured ima na terenu svoje posebne sekcije za svaki hidrosistem u svrhu nadzora nad građenjem novih i održavanjem postojećih sistema.

Ministarstvo poljoprivrede putem službe za zaštitu tla stara se i odgovara za zaštitu tla od erozije, a preko brojnih eksperimentalnih stanica brine se za razvoj poljoprivrednih kultura putem navodnjavanja. Politika tog ministarstva se sastoji u poticanju i pomaganju ostvarenja svih planova za navodnjavanje zemljišta, koji imaju za konačan cilj razvoj poljoprivrede.

ZAPAŽANJA I ZAKLJUČCI

Za vrijeme svog boravka u zapadnoj Americi, zapazio sam veliki zamah u osvajanju novih obradivih površina primjenom drenaže i navodnjavanja.

Pregledao sam sve značajnije objekte, koji predstavljaju velik dio ostvarenog vodoprivrednog programa, a koji se pretežno sastoji od izgradnje većih akumulacija za mnogostruke svrhe.

Zapanjuje upotreba raznovrsnih strojeva, koliko za potrebe poljoprivrede, toliko i za potrebe građevinarstva. Sve se operacije uglavnom vrše mašinski.

Građevinski radovi, specijalno vodograđevni, izvedeni su stručno i solidno, većinom bez žbuke. Ravne i glatke površine betonskih zidova dobivene su upotrebom specijalnih glatkih oplata i pneumatskih nabijača. Konstruktivni detalji rađeni su precizno upotrebom raznovrsnih materijala.

Industrijalizacija omogućava u punoj mjeri razvoj navodnjavanja, izrađujući gotove fabrikate za veći dio konstrukcija.

Iznenađuje sistem centralizacije u rješavanju pitanja vodoprivrednih problema. Glavni nosilac svih većih melioracionih i energetskih zahvata na Zapadu je samo jedna federalna ustanova, sa svojim područnim uredima.

Projektiranje ovih zamašnih radova vrši se na jednom jedinom mjestu i to u Denveru (država Colorado), gdje je koncentrirano oko 1 800 stručnjaka raznih struka. Način projektiranja prilično je uprošten, jer za sve vrsti objekata postoje tipizirani nacrti, koji se primjenjuju za razne specifične prilike. Stručnjaci su specijalizirani za veoma uski sektor rada.

Poljoprivredi se daje prvorazredan značaj. Veliki broj eksperimentalnih stanica, koje su osnovane na Zapadu, doprinose unapređenju poljoprivrede. Popularizacija i izučavanje vrši se putem publikacija, koje objavljuju sve rezultate znanstvenih i praktičnih ispitivanja na polju navodnjavanja. Velik stručni kadar, koji se bavi teoretskim i praktičnim radom, kao i sredstva, koja stoje tim stručnjacima na raspolaganje, ukazuju na to da će primjena navodnjavanja u budućnosti postići još zavidnije rezultate. Posebni uslovi toga kraja (klimatski i morfološki) diktirali su takav razvoj.

Zapažene su mnoge stvari koje se mogu primijeniti i kod nas, bilo u potpunosti ili djelomično, adaptirajući ih za naše specifične uslove i mogućnosti.

Razni načini oblaganja kanala, koji se primjenjuju u Americi veoma su važni za naše prilike. Mi moramo spriječiti gubitke iz više razloga: treba štedjeti vodu, gdje je ona skupa i gdje je nema u dovoljnoj količini, navodnjavajući raspoloživom vodom što veće površine; spriječiti izdizanje podzemne vode na mjestima, gdje je vodostaj blizu površine i gdje je voda zaslanjena.

Oblaganjem kanala postizava se ekonomičnost profila i smanjenje pada, što je veoma važno za navodnjavanje velikih i ravnih područja. Oblaganje kanala i brižljivo mjerenje vode u njima osigurava štednju i dobru distribuciju vode na navodnjenom području.

Treba posegnuti, gdje god je to potrebno i moguće, za izgradnjom potrebnih akumulacija, da bi se osigurala potrebna voda za navodnjavanje najrentabilnijih površina. I sa manjim akumulacijama za prvo vrijeme mogu se postignuti veliki rezultati.

Nadalje, uspjeh navodnjavanja ovisan je o pravilnom planiranju zemljišta, što predstavlja za nas ozbiljan problem, jer ne raspolažemo potrebnom mehanizacijom.

Budući se mi nalazimo na početku razvoja modernog navodnjavanja, potrebno je uspostaviti niz eksperimentalnih stanica za sistematsko opažanje količina vode potrebne za različite metode navodnjavanja, za razne kulture i različita tla, kako bi navodnjavanje bilo provedeno što uspješnije. Lokacija ovih stanica trebala bi da bude na karakterističnim mjestima područja, gdje se u perspektivnom planu predviđa navodnjavanje.

Objavljivanje njihovih rezultata dalo bi podstreka privatnoj i zadružnoj inicijativi za ostvarenje manjih i većih pothvata ove vrsti u raznim krajevima naše zemlje.

HISTORIJAT VODOKAZNIH STANICA NA DRAVI

Ing. **Marko Frangeš**, Zagreb

Prvo pregledno sređivanje objavljenih opažanja vodostaja uslijedilo je svojevremeno tako, da su se u obliku tabele ispisivali karakteristični mjesečni i godišnji vodostaji. Karakterističnim vodostajima označujemo najviši, srednji, odnosno najniži vodostaj u odnosnom periodu. Na temelju takovih iskaza stvarali su se važni zaključci, napose o maksimalnim, odnosno minimalnim vodostajima na tom profilu, a tokom čitavog vremena rada stanice. Ovaj ovako nekritički sređen materijal nije nas, međutim, mogao zadovoljiti, pa je Savezna uprava hidrometeorološke službe jednim raspisom odredila kritičko sređivanje ovih podataka u vidu »historijata« za pojedinu stanicu. Za svaku stanicu treba na temelju svega materijala, koji se može po arhivima pronaći, ustanoviti da li su i kada nastale kakove promjene u položaju vodokazne letve, napose da li je bilo kakovog pomjeranja u vertikalnom smislu. Dalje je valjalo kritički razmotriti maksimalne i minimalne vodostaje, na pr. obzirom na datum i visinu na susjednim stanicama i t. d.

Povodom razrade tog materijala konstatirano je, da u odnosnim publikacijama imade i štamparskih griješaka, a i griješaka u motrenju, pa imade i anomalija, koje treba objasniti. Tako na pr. Bernacki u svojoj radnji o poplavi g. 1926 citira kao najviši vodostaj u D. Miholjcu onaj iz g. 1891 sa 440. Međutim, konstatirali smo, da je taj vodostaj nastupio uslijed nagomilavanja leda i da je već idućeg dana vodostaj bio svega 284. A i prema vodostajima na susjednim stanicama nije moglo da dođe do tako visokog vodostaja u D. Miholjcu. Ako bi nekritički usvojili taj vodostaj od 440 u g. 1891, došli bi do zaključka, da je te godine u periodu od osnutka stanice pa do g. 1926 nastupila i najveća **protoka** na tom profilu; navedeni razlozi međutim opovrgavaju takovu postavku.

Izrada historijata stanica, a posebice iznalaženje kriterija po kojem bi se mogla koristiti opažanja i prije 1918 g., kao i ona kasnija, bio je naročito kompliciran za stanice na Dravi. Manjkali su na pr. podaci o opažanjima za vrijeme prvog i drugog rata. Posljednji podaci, koje je objavila bivša Zemaljska vlada odnose se na 1912 g., a tek 1923 g. počinju redovne publikacije Ministarstva građevina bivše Jugoslavije. Za taj period od 10 godina mogli smo koristiti samo rukopise odnosnih podataka, od kojih su se neki morali dobaviti čak iz Budimpešte, a kada je taj materijal bio sakupljen, konstatiralo se, da imade i perioda u kojima uopće nisu vršena motrenja. Za takve periode trebalo je odrediti vodostaje na bazi korespondencije, odnosno regresionog pravca na temelju korelacije sa kojom drugom stanicom. Za period prvog svjetskog rata ta interpolacija mogla se je izvršiti primjerenom točnošću, jer imademo kontinuirane podatke za stanicu Ptuj i Barč, dočim je točnost tih interpolacija za okruglo godinu dana u periodu 1944/45 znatno manja, jer raspolažemo samo sa podacima za Ptuj, pa se cijeli upliv Mure nije mogao uvažiti. Međutim, navedenim postupkom dobiveni podaci o karakterističnim vodostajima ipak su do te mjere točni, da mogu poslužiti za analize **dugogodišnjih** karakteristika režima na dotičnom profilu.

Najteže je bilo ispitati, kako povezati opažanja na stanicama Žakanj i Barč, koje su radile do 1918 g., sa na jugoslavenskom teritoriju novo postavljenim stanicama Botovo i Terezino Polje. Podrobnijom analizom sviju elemenata ustanovljeno je, kako treba da postupimo, da bi za dotične profile mogli dobiti sva opažanja vezana na jedan te isti horizont za cijeli period od 78 godina, t. j. od kada se vrše motrenja na tim profilima.

Sav taj rad oko analiziranja tih podataka za stanice na Dravi sadržan je u jednom opširnom elaboratu, razrađenom kod Uprave hidrometeorološke službe u Zagrebu. Taj elaborat bit će umnožen samo u nekoliko primjeraka, jer je glomazan, a sadrži dobrim dijelom i detalje, koje je ipak bilo važno iznijeti u tom elaboratu, s jedne strane, zbog mogućnosti kontrole samog postupka, a sa druge strane, zbog lakše provedbe eventualnih nadopuna, ukoliko se pronađu i daljnji podaci, koji nam dosada nisu bili poznati.

Pored inog taj elaborat sadrži i opaske o uočenim griješkama u publikacijama, kao i o izvjesnim anomalijama. Na sastanku hidrotehničara u Opatiji 1953 g. zaključeno je da se od strane projektantskih poduzeća, zavoda i ustanova, prilikom izrade projekata ustanovljene griješke u objavljenim hidrološkim podacima dostave hidrološkoj službi radi objavljivanja, da bi se spriječila daljnja upotreba pogrešnih podataka. Putem ovako razrađenih historijata stanica, mislimo, da se u najvećoj mogućoj mjeri udovoljava ovom traženju.

Kada je sav taj materijal bio razrađen, ukazala se mogućnost analiziranja nekih značajnih promjena na tim profilima. Ta mogućnost je utoliko značajnija, što raspolažemo podacima za preko 70 godina. U pomenutom elaboratu iznijeti su i odnosni računi. Pošto su te značajne promjene na profilima od općenitijeg značaja, to ih ovdje u sažetom obliku iznosimo.

Ove iznijete promjene analizirane su na bazi **vodostaja** na tome profilu, i to tako da je izračunat trend za cijeli niz odnosnih vodostaja. Detaljnije promjene u koritu, koje su napose od utjecaja na niske vodostaje, mogu se vrlo uspješno ilustrirati, ako raspolažemo odgovarajućim protokama.

Međutim na Dravi raspolažemo sa tako neznatnim brojem mjerenja, da neke analize na bazi

protoka, a za cijeli predmetni period od preko 70 godina, uopće ne dolaze u obzir. Koliko malo imademo podataka za protoke na Dravi najbolje razabiremo iz »Općeg katastra voda«, gdje je za cijelu Dravu od Varaždina do ušća uspjelo sastaviti jednu konsumpcionu krivulju samo za stanicu Donji Miholjac.

Vodokazna stanica Osijek. Na tom profilu primjećuje se dosta ravnomjerno opadanje visine najnižih godišnjih vodostaja u cijelom periodu od posljednjih 78 godina. Trend za odnosni period daje nam opadanje od 122 cm. Istu sliku daju nam i srednji vodostaji, opadanje iznosi svega 91 cm (zbog upliva Dunava). Nivo najviših godišnjih vodostaja ukazuje s jedne strane na apsolutni porast, a s druge strane na znatnu **učestalost** visokih vodostaja od 1907 g. naovamo. Ako bi izračunali porast po trendu, ta vrijednost nam ne može ilustrirati pravo stanje stvari. Odabrali smo stoga slijedeći prikaz za karakteristike najviših vodostaja:

Visoke vode iznad vodostaja 410 nastupile su u periodu:

1876—1905 1 puta u 30 godina,
1906—1935 6 puta u 30 godina,
1936—1954 7 puta u 19 godina.

Najviši vodostaji bili su 1926 g. sa 482 cm i 1954 g. sa 474 cm.

Razlozi toj sve većoj učestalosti, a i visini vodostaja, jesu slijedeći: oko 1907 g. podignut je most u Bogojevu i oduzeta inundacija izvedbom nasipa zajednice Vajska—Živa. To Bernacki u svojoj pomenutoj studiji navodi kao jedan od glavnih razloga visoke vode od 1926 g. Međutim vrlo je vjerojatno, da ima i drugih razloga, koji postepeno pogoršavaju situaciju na ušću Drave. Kako ćemo to kasnije vidjeti, na uzvodnim potezima došlo je, uslijed provedbe regulatornih radova, do znatnih promjena režima, dno se produbilo na pr. u Terezinom Polju za dva metra, nivo visokih voda je opao, inundacija se smanjila, dakle smanjilo se djelovanje retencije i t. d. Sigurno je, da nešto upliviše i provedba melioracija u Podravini. Konačno valja uvažiti, da su, napose od 1926 g. naovamo, mnogi nasipi pojačani i povišeni, tako da sada sve manje dolazi do proboja nasipa. Da 1926 g. nije bilo proboja nasipa kod Tikveša i Kandleje, vodostaj u Osijeku bio bi po računu Bernackog za 73 cm viši od opaženog

Vodokazna stanica Donji Miholjac. Kontinuiranih podataka za tu stanicu imademo tek od g. 1894, dakle za znatno manji period godina, nego li za ostale stanice. Grafikon niskih vodostaja ukazuje za period 1894—1916 god. na izdizanje dna, a od 1916 naovamo ukazuje se jasna tendenca produbljenja. Trend srednjih godišnjih vodostaja za **cijeli** period ukazuje na sniženje za 46 cm.

Vodokazna stanica Terezino Polje. Grafikon karakterističnih vodostaja ukazuje na jedno ravnomjerno produbljenje dna korita u cijelom periodu od 78 godina, pa najniži vodostaji opadaju za 185 cm, srednja voda 199 cm, a visoka voda za 160 cm.

Vodokazna stanica Botovo. I ovdje također dolazi do izražaja ravnomjerno produbljenje korita, pa srednja voda opada za 127 cm.

Vodokazna stanica Varaždin. Grafička predodžba karakterističnih vodostaja za period od 75 godina ukazuje na znatne promjene u koritu. Od 1879—1884, dakle za samo šest godina, nivo niske vode opao je za jedan metar. Razlog tome može biti jedino provedba regulatornih radova, zatim dolazi do izdizanja dna, pa opet produbljenje, dok se od cca 1905 g. srednji i niski vodostaji stalno povisuju, tako da usprkos osjetljivom sniženju u prvim godinama po liniji trenda za cijeli period, dobivamo jedno postepeno povišenje i to za srednju vodu 37 cm, a za visoku vodu 8 cm.

Značajno za režim vodotoka je doba u kome nastupaju najviši, odnosno najniži vodostaji. Specifičnost jednog režima naročito je uočljiva, kada usporedimo iste elemente za dva vodotoka. **Najniži** godišnji vodostaji Drave, odnosno Save, nastupili su u niže navedenim mjesecima. Ovi podaci odnose se za Dravu na stanicu Barč—Terezino Polje za period 1876—1953, a za Savu na stanicu Zagreb za isti period.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Drava	21	20	9	1	—	—	—	—	—	2	3	22
Sava	7	5	4	1	—	—	2	13	23	16	2	5

Odnos nastupanja **najviših** godišnjih vodostaja je slijedeći:

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Drava	1	1	3	3	20	11	6	4	7	10	11	1
Sava	3	6	4	4	7	5	1	5	4	11	22	6

Kako vidimo Drava ima dosta izrazito alpski tip, a kod Save prevladava mediteranska komponenta.

Za Dunav isto kažemo, da imade alpski režim. Međutim, ipak postoje znatne razlike između ovakovih istih tipova režima. Koeficijent korelacije za srednje godišnje vodostaje za period od 20 godina iznosi za stanice:

Terezino Polje—Bezdan 0,443,
Donji Miholjac—Bezdan 0,523,
Osijek—Bezdan 0,831,
Bogojevo—Bezdan 0,982,
Osijek—Bogojevo 0,883.

Iako je Bezdan još donekle pod usporom Drave, ipak dobivamo jasnu sliku o znatnom uplivu Dunava na Osijek, pa i na D. Miholjac (u odnosu na Terezino Polje). Koeficijenat za Terezino Polje je napadno malen. Taj račun proveden je za **srednje vodostaje.** Odnos vodostaja i protoka nije linearan, pa ipak taj vrlo maleni koeficijenat jasno ukazuje na znatnu razliku u oborinskom režimu na tim slivovima. Točnijom analizom tih razlika vjerujemo, da će se moći ustanoviti, da je situacija iz 1926 g., dakle istovremeno nastupanje visokih voda i Drave i Dunava, bio uistinu izniman slučaj.

Kako iz naprijed izloženog vidimo, mi smo dobro informirani o promjeni vodostaja samo na nekim profilima Drave. Važno je istaknuti, da su to ujedno i jedine konkretne informacije, koje imademo za prošlih 78 godina.

Kada pristupimo regulaciji jednog još nereguliranog vodotoka, najprije ispitujemo elemente stabilnih poteza (u smislu zakona Farguea). Drava je međutim djelimično već regulirana, pa bi prema tome bili u mogućnosti, da na temelju analize postojećeg stanja, odnosno **stečenog iskustva** kroz to vrijeme, učinimo konkretnije zaključke o najuspješnijoj provedbi budućih radova. Da bi mogli dobiti jednoznačnu sliku u tome pogledu, potrebni su nam međutim i drugi elementi osim vodostaja. Trebali bi svakako znati, kojim **redosljedom** su se radovi izvodili, i koje su bile **posljedice** tih radova. Pošto su arhive većim dijelom rasturene i uništene, to nismo u mogućnosti da analiziramo sve ove procese. Za ranije periode možda imade podataka u mađarskim stručnim časopisima. U našim časopisima ih nema. Iz brošure Lapaina proizlazi uglavnom samo to, da su radovi započeti šezdesetih godina prošlog stoljeća, dakle otprilike u vrijeme, od kada imademo i podatke o vodostajima.

Da su nam podaci o redosljedu i efektu izvedenih radova potrebni, proizlazi iz slijedećih primjera. Naprijed smo već ukazali na promjene visokih vodostaja kod Osijeka. Pitanje je, međutim, koji su bili razlozi, da je došlo do sniženja niskih vodostaja kod Osijeka. Regulacija je provedena od ušća do nešto iznad Osijeka, i taj potez je u relativno dobrom stanju. Pitanje je sada da li je to produbljenje samo posljedica regulacije, ili imade i drugih komponenata, koje su djelovale na to produbljenje korita. Prema nekim primjedbama kod Bernackog opaženo je izvjesno sniženje niskih vodostaja na Dunavu, a to bi značilo, da je došlo do sniženja erozione baze, što se je naravski moralo da ispolji i do Osijeka. Nadalje su sigurno vršena i bagerovanja u vidu plovnosti. Prema jednom iskazu kod Lapaina izvedeni su nizvodno od Osijeka neki prekopi. To se vjerojatno odnosi na prokope kod Sarvaša i Bijelog Brda, kojima je tok na tome mjestu skraćen za 12 km. Pitanje je sada, koja je komponenta bila dominantna, i kako će se stvar ubuduće odvijati.

Kod Terezinog polja srednja voda opala je za okruglo dva metra i izgleda da proces produbljenja nije završen. Kod Varaždina nikada nije bilo sistematskih regulatornih radova, ali su se ipak neki radovi proveli, šta razabiremo iz naglog sniženja vodostaja sedamdesetih godina prošlog stoljeća, pa se sada nameće pitanje, da li je to sukcesivno povišenje niskih vodostaja samo posljedica daljnje nesistematske izvedbe regulatornih radova, ili za to imade i drugih razloga.

Stanje na donjem dijelu Drave koncem tridesetih godina bilo je slijedeće: potez od ušća do Retfale km 0—24 reguliran je u cijelosti prije 1914 g. Potez od Retfale do Narta km 24—40, obale su posve neutvrđene. Potez Nart—Belišće km 40—55, radovi su bili uglavnom provedeni ranije, ali su u lošem stanju. Potez Belišće—Viljevo km 55—87 bio je uglavnom reguliran, ali je u periodu 1920 do 1930 g. u toj mjeri podivljao, da je na tome kao i na nizvodnom potezu, ustvari od km 34—68, duljina vodotoka porasla za devet otsto. To je ustanovljeno po sekciji za snimanje Drave 1932 g.

Objasniti ove razne pojave na dionicama gdje i jesu i nisu provađani radovi, a na bazi jedne mreže vodlokaza od prosječno jednog vodokaza na svakih 57 km, bez kontrolnih profila i evidencija o redoslijedu radova je nemoguće (na Rajni, pa na Dunavu u Austriji i t. d. dolazi po jedna stanica na 5—6 km). Za promjene na opisanom potezu do iznad Miholjca stoje nam na raspolaganje ustvari samo vodokazi Miholjac i Osijek, na odstojanju od 50 km. Pritom valja uvažiti, da je Osijek pod znatnim usporom Dunava.

Svakako će se jedamput pristupiti sastavu vodoprivredne osnove i za Dravu. Kod toga sukobit će se koncepcije, odnosno interesi raznih privrednih grana. Ne radi se ovdje samo o odvodnji, već je u pitanju (barem do Terezinog Polja) i plovnost, a na uzvodnijem dijelu u pitanju su i hidroenergetska postrojenja (početkom dvadesetih godina bilo je nekih koncepcija o hidroelektranama na potezu od Varaždina do Botova).

Konačno valjat će donijeti i odluku o samom sistemu regulacije, da li ćemo izvesti nasipe ili postoji mogućnost da glavnim koritom odvodimo i velike vode. O ovom ili onom sistemu ovisna je i odvodnja zaobalja. Međutim hvatanje i visokih voda uvjetuje primjereno produbljenje korita, a posljedica toga je sniženje srednjih i niskih vodostaja, dakle i osejtljivo sniženje nivoa podzemne vode.

U Terezinom Polju dno se produbilo za dva metra, fizionomija poplavnih voda znatno se je izmijenila. Pitanje je sada da li je dopušteno jedno tako osjetljivo sniženje srednjih i niskih vodostaja i koje su posljedice tog sniženja na biljni pokrov.

Još tridesetih godina ovakove osnove sastavljali su pa i odobravali sami hidrotehničari, pa su sastavljali čak i odnosne račune rentabiliteta. Danas je to već postavljeno na jednu širu bazu, pa takove osnove baziraju na detaljnim elaboratima i agronoma i šumara. Kod sastava definitivne vodoprivredne osnove za velike objekte, kao što je Drava, valjat će razmotriti i koncepcije o samoj regulaciji i odvodnji (eventualno natapanju), pa o plovnosti, kao i o pitanju hidroelektrana i t. d., i vjerojatno je, da će konačnu riječ imati ekonomisti. Svakako će se ovakove osnove razmatrati ubuduće postepeno sve rigoroznije, pa prema tome morat će i dokumentacija biti na potrebitoj visini.

Poljoprivreda će sigurno tražiti točnu argumentaciju o nivou podzemne vode, kakova će nastupiti po ovoj ili onoj koncepciji same regulacije.

Čime dokumentirati ovu ili onu koncepciju, kada su nam podaci tako oskudni. O kretanju podzemne vode informirani smo samo za neke dijelove Međimurja, za predio oko Karašice i nešto oko Osijeka. Kako će pak agronomi sa svoje strane argumentirati optimalni nivo podzemne vode, kada nema podataka o tome, kakove su bile posljedice tog osjetljivog sniženja podzemnih voda, koje je ustvari već nastupilo. Argumentacije na temelju nekih općenitih podataka iz literature jedva će se moći usvojiti. Možda bi se ipak mogli učiniti neki zaključci analizom promjena kultura na bazi katastra, a koje promjene možemo da svedemo na sniženje podzemne vode.

Pitanje je sada, koji su zadaci **hidrološke službe** kod prikupljanja i analize materijala potrebnog kao podloga za vodoprivredne osnove. Analiza svih potrebnih predradnja, kako je to ovdje, iako u sažetom obliku, iznijeto, sigurno će doprinijeti raščišćavanju ovog pitanja. Svakako vidjeli smo, da je potrebno voditi evidencije o provedbi radova, kako bi bili u mogućnosti uočiti kauzalitet procesa promjena režima, i prema tome dobili jasne predodžbe o izvršenju budućih radova. Organizirati rad oko ovakovog evidentiranja, pratiti razvoj promjena režima, a prikupiti **sav ostali materijal**, koji je potreban za sastav vodoprivrednih osnova, to sve ne može biti zadatak hidrološke službe. Hidrološka služba treba da organizira sva hidrometrijska motrenja, da ih kritički sređene objavljuje, da razrađuje bilans voda (katastar) inkluzive cijele problematike oko prognoza protoka, napose maksimalnih. To su u glavnim crtama osnovni zadaci hidrološke službe. Prema tome vidimo, da nam nedostaje jedna karika između hidrološke službe i projektantskih zavoda i izgleda da je put, kojim se je krenulo u nekim republikama, osnivanjem zavoda za vodoprivredu — ispravan, jer projektanski zavodi ne mogu biti studijske ustanove, barem ne za radove takovog karaktera.

Konačno još neke napomene u vezi publiciranja hidroloških podataka, a na temelju iskustva dobivenog analizom ovog materijala za Dravu. U odnosnim publikacijama vodostaja (godišnjacima) objavljuje se za pojedinu stanicu i najviši i najniži opaženi vodostaj u periodu motrenja na toj stanici. Objavljivanje ovih podataka, a bez potrebitog objašnjenja o promjeni režima na samom profilu, mora da dovede do zabuna. Na pr. na stanici Barč—Terezino Polje zabilježen je najviši vodostaj 1876 god. sa 428. Nikada kasnije taj vodostaj nije dostignut, i to zato, što se korito postepeno produbljivalo. Kod Osijeka korito se konstantno produbljuje, a visoke vode su ipak u porastu. Dakle, ne smijemo da nastavimo sa ovakovim objavljivanjem ekstremnih vodostaja, već treba da počnemo sa objavljivanjem historijata stanica i to takovih historijata stanica, koji će nam dati sve glavne elemente o promjenama na profilu.

U posljednje vrijeme pristupilo se objavljivanju podataka o dnevnoj protoci za one profile, za koje navodno imademo solidne konsumpcione krivulje, pa se dapače ide tako daleko, da se računaju karakteristike protoka za period od 1921—1950 g., dakle za 30 godina. I taj postupak trebalo bi podvrći jednoj kritičkoj analizi. Tako na pr. za stanicu D. Miholjac u predmetnom periodu od 30 godina linija trenda srednjih godišnjih vodostaja opada za 68 cm, što svakako ukazuje na tako znatne promjene u profilu, da o komparaciji protoka za taj period, a na bazi samo jedne konsumpcione krivulje, ne može biti ni govora. Dnevne protoke smijemo objavljivati samo za one profile, na kojima svake godine vršimo potrebita kontrolna mjerenja profila, kao i mjerenja protoke.

Naprijed smo iznijeli, koji su ustvari zadaci hidrološke službe. Treba se svakako pridržavati ovih zadataka i ne smije se ići u širinu, a objavljeni podaci treba da budu i sadržajni i točni.

Historijati vodokaznih stanica sigurno će doprinijeti uklanjaju griješaka u publikacijama, pa ćemo tako dobiti materijal, na temelju kojeg ćemo moći pristupiti daljnjim razradama po matematičko-statističkim metodama.

Iz inozemnih časopisa

SRUŠIO SE NOVATORSKI KROV

(Engineering News-Record, New York, avgust 1955)

Na novom prizemnom skladištu za američku avijaciju u gradu Shelby srušio se dio krova površine 450 m². Krov je nosio u trenutku nesreće samo vlastitu težinu.

Izgleda da se krov srušio uslijed popuštanja jednog armiranobetonskog okvira raspona 20 m, koji je povukao za sobom još 3 polja.

Projektom je bila predviđena normalna izvedba s armirano betonskim krovnim gredicama (monolitnim s a. b. okvirima), na kojima leže montažne krovne ploče iz armiranog betona.

Izvođač je izmijenio projekt i izveo kontinuirane prednapregnute krovne gredice raspona 10 m i sadrene krovne ploče livene na licu mjesta. Montažne prednapregnute gredice su se smještavale u otvore ostavljene u oplati za gornju okvirnu gredu, a da bi djelovale kontinuirano, ugrađivana je za preuzimanje negativnih momenata armatura, za čije su kuke bile ostavljene rupe na gornjoj površini gredica, pa je sve odjedamput zabetonirano.

Izvođač skreće pažnju na okolnost da se urušenje dogodilo u jednom od prvih polja zgrade u građenju, a da je projektant već dvaput mijenjao svoj projekt dodavanjem armature u okvirne grede.

Projektant odgovara da je armatura dodavana, da bi se pojačala otpornost okvirnih greda protiv popuštanja temelja u lošem terenu, a da nešto slabija armatura u prvim poljima nije uzrok urušenju.

Istraga se vodi. B. P.

MOST U YORKTOWN-u

(Le Génie Civil, Pariz, oktobar 1954)

Nedavno je dovršen veliki čelični most na rijeci York, blizu njezinog utoka u zaliv Chesapeake. Osobitost toga mosta je u tom što ima dva uzastopna okretna polja velikog raspona, što omogućuje prolaz kroz srednji otvor i najvećim brodovima (vidi sliku).

Ukupna dužina mosta (računajući i inundacione otvore) iznosi 1150 m. Dio mosta nad rijekom ima otvore 85 + 106 + 120 + 152 + 120 + 106 + 85 m. Širina mosta između ograda iznosi 9,5 m (kolovoz 8 m i 2 trotoara po 75 cm).



Srednji otvor od 152 m služi za prolaz brodova, a čelične rešetkaste konzolne grede, koje se okreću oko vertikalne osi,dužine su 150 m svaka. Težina čelične konstrukcije jedne grede iznosi 830 t, a zajedno s mosnom pločom iz armiranog betona 1300 t. Svaki okretni most počiva na jednom čepu. Stabilnost osiguravaju 4 para kotača iz čeličnog liva raspoređena pod kutevima od 90° na kružnoj stazi promjera 10,5 m. Prije nego se pusti saobraćaj preko mosta stave se klinovi između rešetkaste konstrukcije i stupa, te pomoću preklopnih zasuna povežu pomični dijelovi mosta između sebe i sa čvrstim dijelovima mosta.

Dubina fundiranja mosnih stupova je vrlo velika (voda je na tom mjestu duboka od 15 do 24 m, a nenosivi slojevi mulja i sitnog pijeska su velike dubljine). Stupovi su fundirani na ilovači pomoću otvorenih metalnih kesona, koji su se spuštali 41 do 56 m ispod srednjeg nivoa vode. Kesoni su bili izrađeni u nedalekom brodogradilištu i plivanjem dovezeni na mjesto spuštanja. Tlocrtna osnovica kesona je pravokutna sa zaobljenim ćoškovima, razdijeljena na 6 odjela pregradama za ukrućenje. Ukupna težina svih kesona (7700 t) predstavlja 68% od ukupne težine mosne konstrukcije. Čelični kesoni nisu bili dimenzionirani da sami preuzimaju tlak vode kod spuštanja, već su se postepeno, u slojevima 1,50 m visine, pojačavali betonom (vanjske stijene 1,20 m deb., stijene pregrada 0,9 m deb.). Uvijek se čekalo sa spuštanjem kesona i sa betoniranjem idućeg sloja, dok je donji sloj od 1,50 m visine otvrdnuo toliko da je mogao preuzeti tlak vode. Točno mjesto i vertikalan položaj kesona kod spuštanja osiguravala je skela iz čeličnih cijevi. Gornji dio stupova (iznad vode) iz armiranog je betona i cilindričnog oblika. Kod dva glavna stupa, koji nose okretne mostove, promjer valjka je 13,4 m, a u valjku su izvedene dvije uzajamno okomite pregrade.

B. P.

SUDIONIŠTVO KOD GRADNJE ELEKTRANA

(Engineering News-Record, New York, april 1955)

Ranije, dok su u SAD bili na vlasti demokrati, veliki vodoprivredni objekti sa višestrukom namjenom (plovidba, energija, navodnjavanje, vodovod i t. d.) bili su redovno financirani iz federalnih sredstava.

U zadnje dvije godine republikanci vode politiku »sudioništva«, prema kojoj te radove treba da financiraju lokalni interesenti srazmjerno koristi koju će imati od njih. Vlada bi snašala roškove odnoseće se na plovidbu, navodnjavanje, zaštitu od poplava i turizam. Ostali interesanti treba da osiguraju svoj dio novca odmah na početku. Ako troškovi porastu još prije nego se definitivno riješi pitanje lokacije brane i istražni radovi, oni treba da snose odgovarajući dio poskupljenja.

Dosada su za nekoliko takvih objekata donešena potrebna zakonska ovlaštenja, ali još ni na jednom nisu započeti radovi.

Sada se sprema zakon za najnoviji projekt: pregradu John Day na rijeci Columbiji. Privatne kompanije koje se bave prodajom struje, svijetla i vode nude 273 miliona dolara kao svoj dio uz uslov da im se na dug termin osigura električna energija. Na federalnu vladu bi ostalo samo 37 miliona dolara, ali bi ona bila investitor, gradila i eksploatirala objekt.

Kod pregrade John Day kapacitet elektrane bi iznosio 1 105 000 kW (13 generatora po 85 000 kW). Brana je visoka 32 metra, a stvoreni rezervoar vode (600 miliona m^3) učinio bi rijeku Columbiju plovnom na dužini 500 km.

B. P.

DA LI JE TO BILA EKSPLOZIJA ILI SU POPUSTILI TEMELJI?

(Engineering News-Record, New York, juni 1955)

Dana 12 juna 1955 srušio se u mjestu Fargo (SAD) silos za žito iz armiranog betona. Građenje silosa bilo je dovršeno u avgustu prošle godine. Silos se srušio noću. Nije bilo svjedoka ni žrtava.

Silos je bio kapaciteta 24 000 tona, a stajao je oko 400 000 dolara. Objekt je bio tlocrtne površine 66×16 m, u svemu je bilo 20 silosa promjera 5,8 m, visine 37 m. Jedan dio zgrade je bio visok 60 m.

Fundiranje je bilo izvršeno na pilotima, zabijenim po obodu do dubine 5,5 m, prekrivenim betonskom pločom 76 cm debelom.



Silosi su bili građeni pomoću klizne oplate.

Silos je privatno vlasništvo, a uskladišteno žito bilo je vlasništvo federalne vlade.

Izvjesno sjedanje silosa bilo je zapaženo već ranije, ali mu vlasnik silosa nije pridavao važnosti. Prema njegovoj izjavi, kad bi se silos nagnuo malo prema sjeveru ili jugu (uzdužna os zgrade leži u pravcu istok-zapad), on je dao žito presipati dok ne bi izravnao nagibanje — »kako to rade i na drugim silosima«. Vlasnik vjeruje da je do nesreće došlo uslijed eksplozije.

Prema mišljenju dekana tehničke škole u Fargou nesreća se dogodila uslijed popuštanja temelja. On tvrdi da je došlo do izmicanja tla prema jugu, uslijed čega se sjeverni dio zgrade slijegao i nagibao prema sjeveru, što je izazvalo velika vlačna naprezanja u zidovima silosa. Donji dio silosa se prelomio u komade oko 5 m duge. Gornji dio se kod pada posve razbio.

Vlada i inženjeri osiguravajućih društava još istražuju slučaj.

B. P.

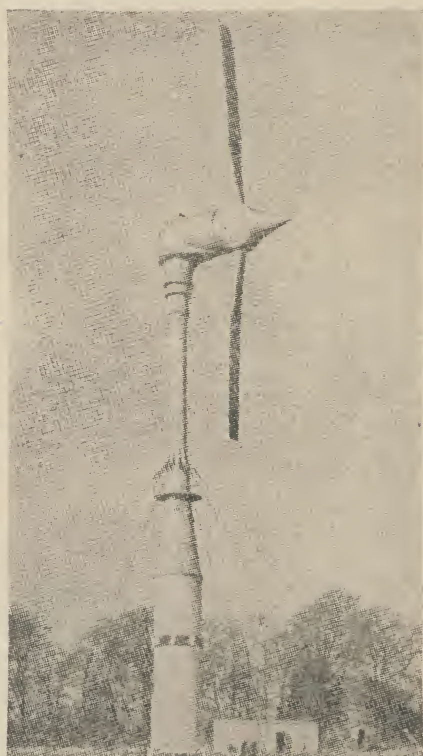
VELIKA BRITANIJA JE IZRADILA PROTOTIP ELEKTRANA NA VJETAR JAČINE 100 kW

(Engineering News-Record, New York, april 1955)

U Engleskoj je izrađen posve novi tip elektrana na pogon vjetrom. Kapaciteta je 100 kW. Vjetrenjača radi na principu »depresije«.

Krila su šuplja, i kad ih pokreće vjetar ona sišu zrak kroz trup (cilindrično postolje) objekta i izbacuju ga centrifugalnom silom kroz otvore na krajevima krila napolje. Strujanje zraka okreće turbinu smještenu u postolju objekta. Na taj način postaju nepotrebni kvačila, zupčanici i t. d., koji kod sadašnjih izvedbi prenose energiju od krila dalje.

Uz brzinu vjetra od 48 km/sat propeler učini 100 okretaja/min i kroz turbinu prolazi 1 600 m^3 zraka na



minutu. Kad je brzina vjetra veća, nagib krila se automatski regulira, tako da brzina okretanja i volumen zraka koji prolazi kroz turbinu ostaju konstantni.

Kod brzina vjetra između 48 i 100 km/sat proizvodi se 100 kW. Kod većih brzina vjetra rad se obustavlja, kod manjih brzina produkcija naglo opada.

Krila propelera su duga 12 m, a osovina okretanja propelera je 30 m nad zemljom. Ležište propelera se okreće prema smjeru vjetra pomoću malog elektromotora, koji se stavlja u pogon električnim uređajem, koji sadrži indikator brzine i smjera vjetra. Svako krilo propelera teži 700 kg, a cijela vjetrenjača teži 60 tona.

B. P.

OLAKŠAN RAD NA TRIANGULACIJI

(Engineering News-Record, New York, mart 1955)

U Švicarskoj je bila razrađena jedna nova metoda mjerenja, koju su sada iskušali geodeti vlada SAD i Kanade.

Nova metoda obećava da će ubrzati kontrolna precizna horizontalna mjerenja, učiniti nepotrebnim gradnju tornjeva (značaka) i dozvoliti triangulaciona opažanja daleko izvan horizonta i u ranije nepristupačnim krajevima.

Kod mjerenja se upotrebljavaju padobranske baklje spuštene iz aviona i teodoliti sa montiranim robot kamerama. Mjerenja se vrše noću.

Dvije grupe, svaka sa tri ili četiri posmatrača, postave svoje teodolite na poznatim ili čvornim točkama. Područje može biti veliko. Instrumenti pojedinih grupa mogu biti do 80 km udaljeni, a grupe mogu biti i mnogo dalje jedna od druge. Avion leti po sredini između obadviju grupa i spušta baklju, obično jačine milion svijeća. Jedan geodeta je u avionu. On obavještava o spuštanju baklje posmatrače kod instrumenata pomoću kratkotalasnih radio aparata. Posmatrači usmjere svoje instrumente na udaljeno svijetlo i prate ga dok se ono polako spušta preko neba.

Zatim geodeta koji se nalazi u avionu šalje iz svog odašiljača seriju specijalnih signala (obično seriju od 15 signala u intervalu od 5 sekundi). Ovi signali stavljaju u pokret solenoide na radio prijemnicima montiranim na teodolitima, i fotografske kamere bilježe čitanja na horizontalnim krugovima teodolita. Na taj se način sva čitanja bilježe u savršeno isto vrijeme, i rezultati mjerenja su isti kao da su značke čvrsto montirane na kakvom brdu.

Fotografske kamere rade posve automatski. Čitanja ostaju zabilježena na filmu širine 35 mm. Preciznost cijelog procesa je velika. Desetinke sekundi čitaju se na filmu pomoću mikroskopa.

Ovaj novi način upotrebljen je u SAD i Kanadi s uspjehom za povezivanje triangulacionom mrežom otoka, koji su izvan horizonta sa kopna.

Očigledno će se nova metoda moći korisno upotrebiti kod mjerenja u džunglama, pustinjama i polarnim krajevima.

Ispitane su i razne varijacije metode sa slanjem signala sa brodova pomoću raketa, zračnih balona i sl.

B. P.

AMERIČKO DRUŠTVO CIVILNIH INŽENJERA O PROBLEMU NOVIH KADROVA

(Engineering News-Record, New York, juni 1955)

Na sastanku Američkog društva civilnih inženjera, održanom sredinom juna u St. Louisu, posvećena je velika pažnja problemu novih kadrova.

Prema mišljenju jednog profesora sa Tehničkog fakulteta Maine izgleda da se širi jaz između onog što tehničke škole daju i onog što poslodavci traže. Tendencija da se u predavanjima što temeljitije obrade apstraktni i znanstveni predmeti dovela je do toga, da studenti manje crtaju i projektiraju, i tako ne nauče ono što bi im kao mladim inženjerima bilo korisno.

Pročelnik prosvjetne sekcije Društva cijeni da bi svake godine trebalo oko 40 000 novih inženjera svih struka. Toliko je po prilici i diplomiralo studenata u 1951 god., ali u kasnijim godinama ih diplomira znatno manje, što izaziva zabrinutost. *B. P.*

PONUDE ZA HIDROELEKTRANU MAYFIELD DALEKO SU ISPOD PREDRAČUNA

(Engineering News-Record, New York, juni 1955)

Na rijeci Cowlitz namjeravaju se izgraditi dvije dolinske pregrade s elektranama uz ukupan trošak od 146 miliona dolara.

Izvršena je licitacija za manju od tih stepenica — pregradu i elektranu Mayfield.

Predračun je iznosio 26,6 miliona dolara, a ponude iznose 17,3 miliona dolara.

Najveće uštede su postignute na licitaciji za građevinske radove. Ponuda dostalca za pregradu 56 metara visoku, 260 metara dugu i za elektranu tlocrtne veličine 82×33 m glasi na 10,9 miliona dolara. Ova cijena je za 3 miliona dolara niža od prosječne cijene iz 7 preostalih ponuda. Dostalac je upravo dovršio radove na brani Chief Joseph i otpremit će opremu i kadrove direktno na novi posao. čime će postići velike uštede.

B. P.

NAJVEĆA KOTLOVNICA NA SVIJETU

(Engineering News-Record, New York, juli 1955)

Babcock & Wulcox su ugovorili za New York projektiranje i izvedbu najveće kotlovnice na svijetu. Nova jedinica će imati kapacitet od 1 100 tona pare na sat, što će biti dovoljno za proizvodnju 300 do 375 megavata. Kotlovnica će se moći ložiti ugljenom, naftom, prirodnim plinom ili kombinacijom tih goriva. *B. P.*

BROJ DIPLOMIRANIH INŽENJERA U SAD OPET RASTE

(Engineering News-Record, New York, april 1955)

Prema službenim podacima i podacima časopisa »ENR« ukupan broj studenata svih tehničkih struka, koji su diplomirali na univerzitetima u SAD iznosio je

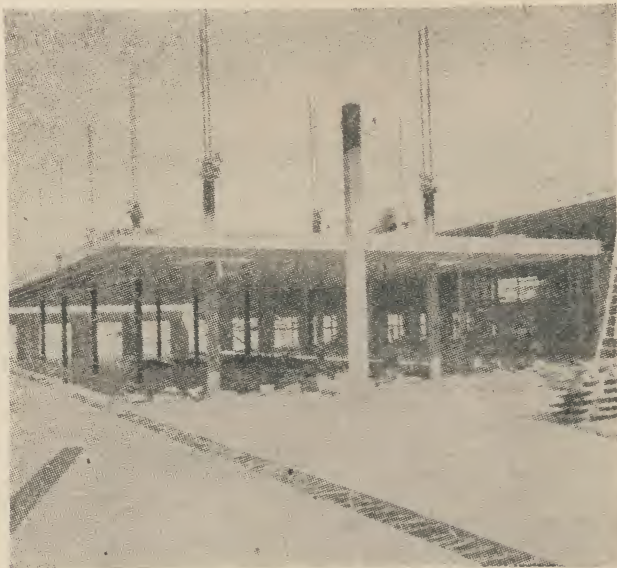
u 1940 godini 11 000 studenata,
u 1950 godini 51 000 studenata,
u 1954 godini 19 707 studenata.

Predviđa se da će diplomirati
u 1955 godini 21 500 studenata,
od čega građevinske struke 3 800 studenata. *B. P.*

DVA NAČINA ŠTEDNJE KOD UPOTREBE STROPOVA »LIFT-SLAB«

(Engineering News-Record, New York, juli 1955)

Kod građenja dvaju objekata u Los Angelesu primijenjene su dvije novotarije kod konstrukcija sa armirano betonskim stropovima koji se gotovi dižu (»lift-slabs«). Prva novotarija je upotreba papirnatih šablona za oplatu, druga se sastoji u tom da su upotrebljeni čelični stupovi kvadratnog presjeka, koji su dobiveni valjanjem iz standardnih okruglih cijevi (slika 1).



Slika 1 — Dizanje stropova pomoću dizalica smještenih na vrh stupova

Objekti su ovi:

— jednokatna trgovačka kuća izgrađene površine 31 000 m² i

— dvokatna garaža za 967 kola izgrađene površine 25 000 m².

Prema podacima projektanta ukupna cijena izgradnje trgovačke kuće iznosit će 39 dolara/m², a garaže 27 dolara/m², što se smatra da je vrlo jeftino.

Na trgovačkoj kući izrađen je po metodi »lift-slab« samo strop nad prvim katom (15 000 m²), dok su na garaži gotove dizane dvije spratne konstrukcije.

Prva značajna novost koja pojeftinjuje građenje sistem papirnatih šablona za stropnu konstrukciju tipa »vafel« (rebričasti strop sa rebrima u dva smjera) Šablone su iz valovite ljepenke sa površinom impregniranom voskom. Nosivosti šablona pridonose ukrućenja (unutrašnje saćaste pregrade koje su također iz papira).

Šablone (i saćaste pregrade) dopremaju se na gradilište u sklopljenom stanju. Na gradilištu se šablone rasklapaju, u njih umeću ukrućenja, a zatim se šablone oblijepe papirnatim vrpcama (slika 2). Tako postavljenje šablone su dosta jake do izdrže potrese i hod radnika kod ugradnje armature i betona (beton se doprema kranom, a ne kolicima).



Slika 2 — Radnik veže armaturu u rebrima stropa između papirnatih šablona. U blizini stupova ploča je deblja

Kod betoniranje su šablone popuštale samo ako je rad bio nemaran. Međutim u jednom slučaju je šablone zahvatila kiša prije betoniranja, i bio je oštećen veći broj šablona. Zato treba brinuti za natkrivanje šablona kod kiše.

Tlocrtna veličina šablona na trgovačkoj kući bila je 48/48 cm, a njihova visina 33 cm Na garaži su šablone bile većeg formata (76/76 cm), pošto je korisni teret znatno manji.

Saćasta ukrućenja upotrebljavana su po više puta.

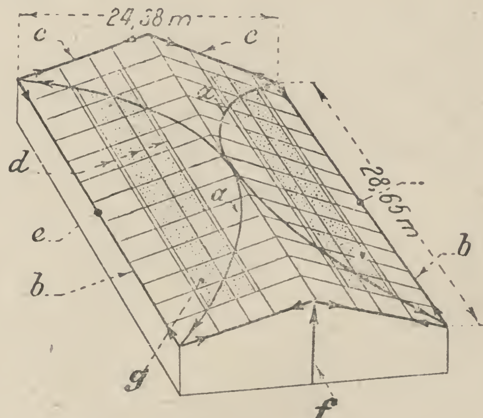
Druga novost su četverouglasti stupovi presjeka 27/27 cm, koji su dobiveni valjanjem iz čeličnih cijevi promjera 31 cm. Upotrebu četverokutnih stupova diktirala je u prvom redu raspoloživa mehanizacija za dizanje. Okrugli stupovi promjera 31 cm ne mogu se uvući između 2 vijka dizalice. A upotreba slabijih okruglih stupova (promjera 27 cm) zahtijevala bi gušći raspored stupova i poskupljenje konstrukcije.

Zahvaljujući velikom opsegu posla (velikoj površini stropova) i jednoobraznom rasporedu stupova, dizanje stropova u garaži bilo je vrlo jeftino i stajalo je 1,90 dolara po m². *B. P.*

KROVIŠTE SA SKRIVENIM LUKOVIMA

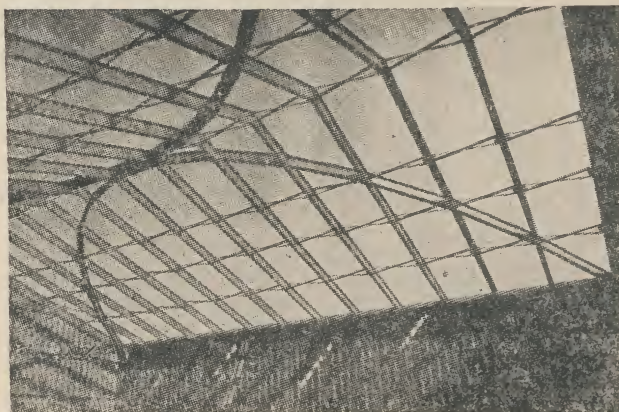
(Engineering News-Record, New York, mart i april 1955 — Le Génie Civil, Paris, avgust 1955)

U gradu San Mateo (SAD) dovršena je po projektu tvrtke J. L. Reid and Partners (statičar ing. A. D. Tarics) gimnastička dvorana s osebujnom konstrukcijom krovišta, bez zatega i stupova unutar prostorije. Krovište je iz čelika. Tlocrtna veličina zgrade je 28,65× 24,40 m (slika 1).



Slika 1 — Shematski pogled na zgradu
a — poligonalni lukovi; b — vjenčanica; c— krajnji rožnici; d — ukrućenja rožnika; e— čepovi; f — stup

Krov je na dvije vode. U svakoj krovnoj plohi izveden je po jedan luk iz I profila 400 mm (ustvari su to poligoni sa po 13 stranica). Rožnici su iz istog profila. Statičke pretpostavke projekta su ove: pola ravnomjernog opterećenja pretvara se u potiske u rožnicima, drugu polovinu opterećenja preuzima vjenčanica *b* nad uzdužnim vertikalnim stijenama. Vjenčanice su iz I profila visine 600 mm. Potiske od rožnika prenose lukovi u 4 ugla krovišta, gdje ih preuzimaju krajnji rožnici *c* i vjenčanice *b*. Krajnje (zabatne) rožnike *c* nose stupovi *f* iz I profila 600 mm (po jedan u svakom čelu zgrade). Vjenčanice su naprezane i na savijanje od potisaka od rožnika, koji nastaju od neizbalansiranog pomičnog opterećenja, kao i od bočnih sila od potresa i vjetra. Dok je opterećenje u ravnoteži, nema savijanja u vjenčanici izuzev mala sekundarna savijanja, koja bi mogla nastati zbog nepreciznosti u izradi ili od deformacija zgrade. U sredini vjenčanica *b* nalaze se čepovi *e* koji čine konstrukciju statički određenom.



Slika 2 — Pogled na kroz iz dvorane

Uzdužne stijene su iz platnica 20/5 cm; visine su 5,45 m. Na njima leže grede *b*.

Krovište nose, dakle, postrane stijene iz drva, koje leže na podnožjima iz betona, i 2 stupa, koji jedini zahtijevaju opsežnije fundiranje.

Rožnici su povezani između sebe ukrućenjima iz kutnog željeza, razmjerno malog profila, unakrsno isprepletenim (slika 2). Luk i rožnici su spojeni zakivcima u površini flanša.

Kod montaže su parovi rožnika bili spojeni provizornim zategama.

Po prilici jedna trećina krovnih površina je ostaklena.

Kraj u kome je podignuta ova zgrada izvrgnut je potresima, i od svih javnih, naročito školskih zgrada u tom kraju se traži da budu sigurne od potresa. Nadležne građevinske vlasti su priznale da ova konstrukcija odgovara tom zahtjevu.

U broju časopisa »E. N. R.« od 28 IV 1955 piše jedan čitalac da bi bilo korisno objaviti potanje informacije o realnosti pretpostavke da se teret krova dijeli na zidove i luk u omjeru 50:50. Prema njegovom mišljenju stvarna raspodjela je u srazmjeru s krutosti odnosnih nosivih sistema, i trebalo bi ju tek proračunati. Uredništvo časopisa odgovara da prema projektantovoj koncepciji rožnici nisu upeti i imaju se smatrati kao slobodno ležeći nosači od uzdužne stijene do sljemena. Pošto u sljemenu nema potpora (grede sljemenjače), mora se usvojiti pretpostavka da se pola vertikalnog opterećenja prenosi na uzdužne stijene, a jedna komponenta od druge polovine vertikalnog opterećenja na lukove izvedene u površini krova. Projektant smatra da je prednost nove konstrukcije i u tom, što je primjenom odgovarajućih spojeva ona postala statički određenom i ne zahtijeva proračun razdiobe tereta u ovisnosti o krutosti nosivih sistema. S obzirom na malu krutost luka u smjeru okomitom na krov i prirodu spoja luka s rožnicama, luk uopće ne preuzima savijanje.

B. P.

DOKLE ĆE SE IĆI S VISINOM TVORNIČKIH DIMNJAKA?

(Engineering News-Record, New York, maj 1955)

Svoj člančić pod gornjim naslovom ing. A. M. Clark počinje s konstatacijom da je onečišćenje zraka u zadnje vrijeme postalo ozbiljan sanitarni, industrijski i politički problem. Najviše onečišćuju zrak tvornički dimnjaci.

Iako bi najispravnije bilo da se odgovarajućim postupcima škodljive sastojine izluče prije nego dim izlazi iz dimnjaka, tome se rijetko pristupa, pošto su dosada poznate metode neekonomične. Zato će se vjerojatno još izvjesno vrijeme problem rješavati na taj način, da se odvode nepročišćeni dimni plinovi, ali kroz vrlo visoke dimnjake.

Glavni faktori koje treba uvažiti kod određivanja visine dimnjaka sa stanovišta sprečavanja onečišćenja zraka jesu ovi: izlazna brzina plinova, veličina i gustoća čvrstih čestica u plinu, temperatura plina, predviđene atmosferske prilike, topografija okoline (uključujući i građevine koje su podigli ljudi).

Naročito je osjetljivo pitanje čistoće zraka u blizini velikih topionica obojenih metala, koji se često dobivaju iz sumporastih rudača (sulfida i dr.). Prvi visoki dimnjak čija je visina određena s ciljem da se spriječi zatrovanost zraka u okolini takvih zavoda podignut je 1908. god. kod bakrenih rudnika u državi Montana. Građen je iz perforirane radijalne opeke, visine je 154 m, unutrašnji promjer na vrhu iznosi 15 m. Kasnije je izgrađeno više sličnih dimnjaka iz opeke. Po obujmu zida iz opeke najveći na svijetu je jedan dimnjak sagrađeni u istim rudnicima, čija visina iznosi 178 m, a unutrašnji promjer na vrhu 18 m.

Oko 1930. god. počelo se građenjem visokih dimnjaka iz armiranog betona. U kratkom periodu od 1930 do 1950 god. podignut je čitav niz dimnjaka iz armiranog betona sa visinama do blizu 200 m.

Oko 1950 god. počelo se u elektroprivredi iskorištavati jeftinija goriva s velikim postotkom sumpora, što je dovelo do građenja većeg broja vrlo visokih dimnjaka. Jedan od tri dimnjaka podignuta za elektranu u Madisonu iz armiranog betona zasada je najviši dimnjak na svijetu — visok je 215 m.

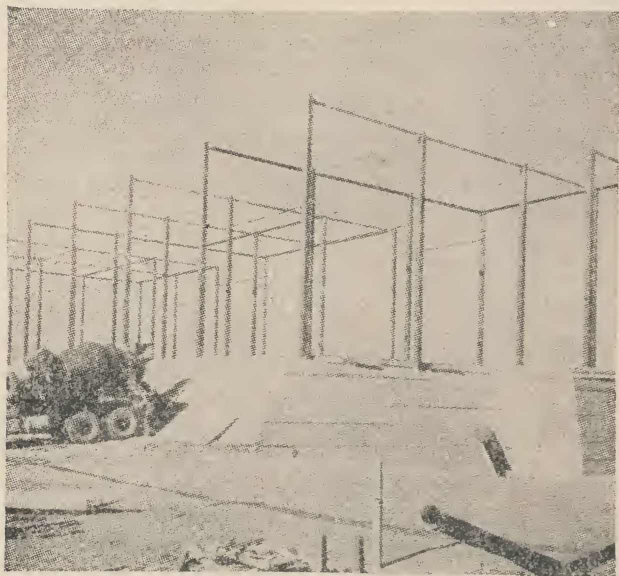
Pitanje visokih dimnjaka postavljat će se i u vezi sa smještajem velikih rafinerija. Energane u sklopu rafinerija lože se ostacima iz prerade nafte, koji redovno imaju velik postotak sumpora. Kod podizanja novih i proširenja starih rafinerija stoji se pred alternativama: ili graditi vrlo visoke dimnjake ili prodavati u bescijenje otpatke iz rafinerije a kupovati skupu struju iz mreže ili izmijeniti lokaciju. Građenje vrlo visokih dimnjaka često će biti najeekonomičnije rješenje.

Kod projektiranja dimnjaka, osim problema koji se javljaju kod svih visokih građevina (vjetar, mogući udarci potresa, nagibanje, vibracije, širenje i stezanje, temeljenje i izbor gradiva), javlja se i problem unutrašnjih toplinskih naprezanja i njihova kombinacija s ostalim naprezanjima. Međutim svi ti problemi su rješivi, i nema konstruktivnih poteškoća za gradnju i znatno viših dimnjaka od postojećih. Autorovo je mišljenje da će se uskoro graditi dimnjaci i do 300 m visine. U proricanje da li će se graditi još viši dimnjaci autor ne će da ulazi. Vjerojatno će to ovisiti o tom što je ekonomičnije: gradnja visokog dimnjaka, izmjena lokacije ili ugradnja uređaja za pročišćavanje plinova sagorijevanja. B. P.

IZVEDENA ZGRADA REKORDNE VISINE SA STROPOVIMA »LIFT-SLAB«

(Engineering News-Record, New York, april 1955)

U Kanadi (u gradu Calgary) primijenjen je sistem armiranih betonskih stropova koji se gotovi dižu (»lift-slabs«) kod gradnje dviju stambenih peterokatnica visine 20 m, i time je postignut visinski rekord za taj način građenja.



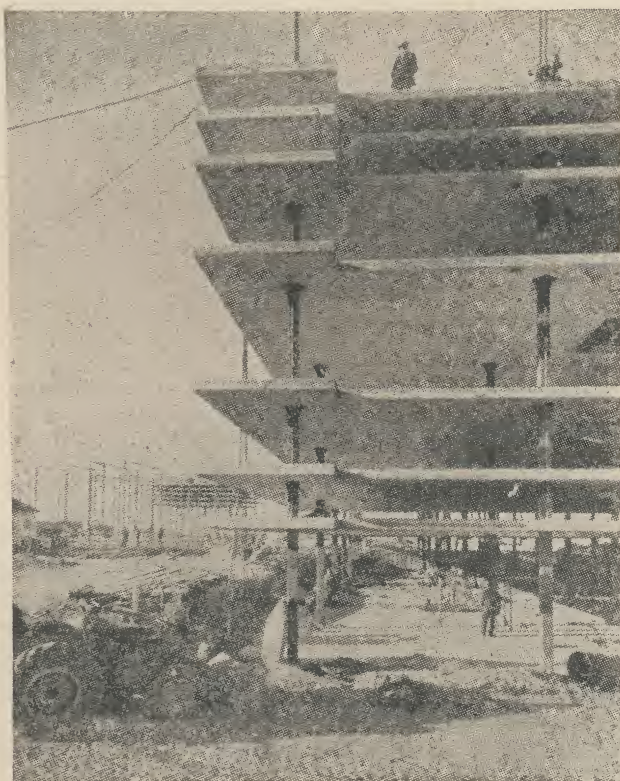
Slika 1 — Provizoran grijani zaklon omogućio je betoniranje 6 stropova i krova u vrijeme kad je vanjska temperatura iznosila —18°

Zgrade su tlocrtne veličine 48×19 m. Stropovi su izvedeni kao ploče 20 cm debljine. Čelični šuplji stupovi su presjeka 20/23 cm, a izrađeni su zavarivanjem 2 kutnih željeza 20/20 cm.

Na svaki stup je bilo navučeno toliko ogrlica iz čeličnog liva koliko ima spratova. Ogrlice su bile ubetonirane u strop.

Sedam stropnih ploča (za šest etaža i krov) izbetonirano je u prizemlju, jedna na drugoj. Gornja površina stropova bila je pažljivo zaglađena i premazana voskom, da bi se spriječilo prijanjanje ploča. Betoniranje se vršilo po žestokoj zimi u grijanom prostoru, pod provizornim krovom (slika 1).

Poslije stvrdnjavanja stropovi su dizani pomoću hidrauličkih dizalica i čeličnih užeta. Dizanje gornjih spratova nije izvršeno odjedanput na pravo mjesto, i to zato da ne bi kod dizanja stropova slobodna dužina stupova bila prevelika. Najprije su postavljeni stupovi 13 m dugi. Na njima su stropovi za gornje katove dignuti provizorno, a samo stropovi za niže katove dignuti su na pravu visinu (slika 2). Zatim su stupovi



Slika 2 — Gornji stropovi su bili provizorno smješteni na visinski razmak 91 cm jedan od drugoga, da bi bio moguć smještaj materijala dok se stropovi nižih katova definitivno postave

zavarivanjem produženi za daljnjih 7 m, a onda dignuti i stropovi za gornje katove na pravu visinu.

Čim je koji strop bio dignut na pravu visinu, zavarene su na stupove ogrlice i čelične ležišne ploče.

U ovom slučaju je metoda dizanja gotovih stropova pokazala mnoge prednosti:

— posao je napredovao brzo;

— oplata je bila gotovo posve nepotrebna;

— cijevi za grijanje i električnu instalaciju na stropovima zabetonirane su zajedno sa stropovima.

— usprkos zimi betoniranje se moglo nesmetano vršiti u grijanoj provizornoj nadstrešnici;

— stropne grede su posve eliminirane, tako da je arhitekt imao veću slobodu projektiranja;

— s obzirom na glatke površine stropova nije trebalo žbukati plafone.

Izvođači računaju da su primjenom ove metode uštedjeli na konstruktivnim radovima više od 30%.

Zasada su još vrlo skupe ogrlice iz čeličnog liva, ali konstrukteri tvrde da je nađeno znatno jeftinije rješenje. *B. P.*

BRIGE GRAĐEVNIH PODUZEĆA U SAD

(Engineering News-Record, New York, mart 1955)

Na godišnjoj skupštini udruženja velikih poduzetnika, koja se održala u New Orleansu sredinom marta, kroz sve diskusije iskrsavalo je centralno pitanje: kako postupati u uslovima današnje bezobzirne konkurencije. Iako se zasada poduzeća ne mogu potužiti na stanje poslova u građevinarstvu, stalno se na skupštini pitalo, dokle će građevinarstvo bez štete po sebe, po svoje proizvode i po svoju reputaciju kod mušterija moći da izdrži sadašnju ubitačnu konkurenciju. Većina poduzetnika je složna u tom, da je u građevinarstvu došlo do žestoke konkurencije uslijed toga, jer su se mnogi poduzetnici koji su počeli radom za vrijeme II svjetskog rata (ili neposredno poslije njega) brzo razvili, preuzimajući poslove uz fiksni procenat od vlade. Oni su od postignutih profita nabavili jaku mehanizaciju. Mnogi od tih poduzetnika počeli su svoje poslovanje sa malo stručnog znanja, a ni kasnije nisu mnogo naučili. Prisiljeni svojim teškim financijskim obavezama, oni se sada očajnički bore da ostanu zaposleni — makar neke radove preuzeli i uz gubitak. Taj gubitak je možda još uvijek manji nego što iznosi trošak obezvređenja mehanizacije.

Većina poduzetnika se slaže u tom, da odgovor treba tražiti u dobrom rukovođenju poduzećom. Svakako će ponekad trebati dati i posve niske ponude. Ali postoji bitna razlika između dobrog i lošeg rukovođenja poslova, i najzad će ipak pobijediti oni koji dobro vode poslove — možda tek poslije tegobnog perioda selekcije.

Na skupštini se govorilo mnogo i o odnosu velikih poduzeća prema potpoduzetnicima (akordantima). Svi skupštinari su bili složni u tom da se vlada, ni federalna ni pojedinih država, ne treba da miješa u te odnose. Oni su protiv odredaba da poduzetnik treba da izda posao najjeftinijem subakordantu, i traže da poduzeća sama odlučuju o tom u koga imaju najveće povjerenje.

Gost na skupštini, šef ureda za dokove u mornarici, admiral J. R. Perry bio je toplo pozdravljen kad je izjavio da mornarica ubuduće namjerava unositi u ugovore klauzulu o promjeni jediničnih cijena za slučaj nepredviđenog prekida ili obustave poslova po vladi, ako uslijed toga budu povećani troškovi produkcije poduzetnika. Prema njegovom mišljenju nije pravedno da poduzetnik snosi taj riziko kao do sada.

Drugi gost, zamjenik šefa vojnog građevinskog odsjeka, general D. H. Tulley izvijestio je skupštinu da je vojska prekinula s praksom da prima ponude od poduzetnika na bazi njihovih alternativnih projekata. Iskustvo je pokazalo da su, u najsretnijem slučaju, uštede bile male, i da su se većinom sastojale u snižavanju standarda vladinih projekata, a da nisu mogle nadoknaditi vladi troškove koje je ona imala oko ocjene alternativa, sređivanja sporova i davanja nagrada. Vojska treba da se oslanja na iskustvo svojih projektantskih kadrova. Ova izjava izgleda da nije bila primljena sa oduševljenjem.

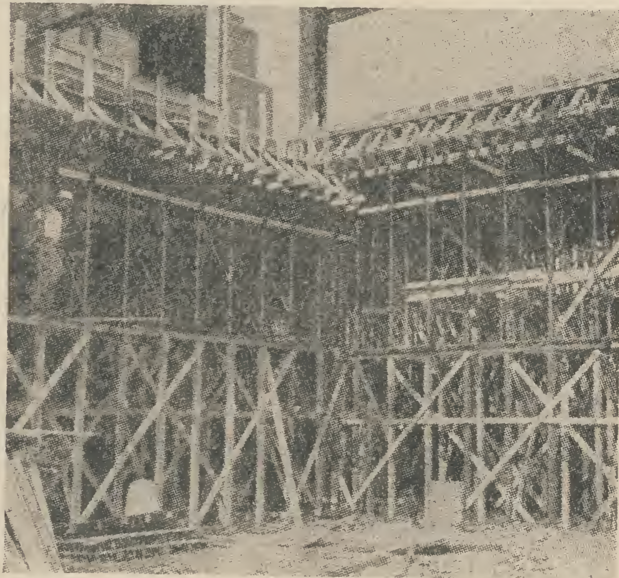
B. P.

SRUŠIO SE STROP KOD BETONIRANJA

(Engineering News-Record, New York, juli 1955)

U maju ove god. dogodila se na gradnji njujorškog »koloseuma« (izložbenog i društvenog centra, koji treba da zamijeni prerasli Madison Square Garden) nesreća, kod koje je poginuo jedan čovjek, dok je ranjeno oko 50 ljudi. Koloseum se sastoji iz izložbenog dijela (dvije etaže pod zemljom služit će za garaže, četiri etaže nad zemljom su izložbene prostorije) iz armiranog betona i 20-katne uredske zgrade iz čelične konstrukcije. Nesreća se dogodila kod betoniranja glavnog sprata izložbenog dijela. Srušila se oplata na površini oko 900 m² zajedno sa 380 m³ svježe ugrađenog betona.

Stropna konstrukcija koja se kod betoniranja srušila tipa je »vafel« (rebričasti strop sa rebrima u dva uzajamno okomita smjera). Spratna visina iznosi oko 7 m. Podupirači za stropnu oplatu bili su postavljeni u dva reda. Donji red podupirača bio je od drvenih stupića 10 × 10 cm, postavljenih na razmak 76 cm u jednom, a 1,20 m u drugom smjeru, s jednim redom horizontalnih ukrućenja u polovini visine u obadva smjera iz dasaka 2,5 × 10 cm. Preko stupića su u



smjeru kraćeg raspona ležale gredice 10 × 10 cm, preko kojih su u okomitom smjeru bile učvršćene daske 3 ×23 cm. Dijagonalnih ukrućenja je bilo malo. Gornji red podupirača bio je od metalnih cijevi bez ikakva ukrućenja. Na podupiračima od cijevi ležale su gredice 10 × 15 cm, preko kojih su na razmak 25—30 cm bile učvršćene platnice 5 × 13 cm. Na platnice su bile postavljene šperploče debljine 16 mm, a na njih metalne šablone paralelopipednog oblika.

Beton je bio dopreman u motornim kolicima. Težina jednih kolica (zajedno s betonom) iznosila je oko 1400 kg. U vrijeme nesreće radilo se sa 8 ili 9 kolica, a toga dana bilo je već ugrađeno oko 380 m³ betona. Kolica nisu imala regulator brzine, ni kazalo brzine.

Okružni javni tužilac je mišljenja da se nesreća dogodila zato, jer oplata nije mogla da preuzme postrane i kose sile nastale uslijed kretanja i naglog zaustavljanja kolica, ugrađivanja i nabijanja betona i t. d., pošto nije bilo dovoljno dijagonalnih i horizontalnih ukrućenja. On je, međutim, rekao da nema dokaza za kriminalnu nemarnost.

Javni tužilac preporuča:

— da se donesu detaljni propisi o upotrebi motoriziranih kolica na gradilištima;

— da ubuduće projekte oplata za armirani beton izrađuju ovlašteni inženjeri ili arhitekti i da ih odobravaju nadležne građevinske vlasti;

— da građevinski inspektori budu inženjeri (u konkretnom slučaju nadzor je vršio stručnjak koji je zidar po kvalifikaciji) i da ih bude dovoljan broj (spomenuti inspektor je posjećivao po 15 gradnji dnevno).

Poslije raskrčavanja ruševina izrađena je nova oplata na isti način kao ona koja se srušila, ali sa solidnim horizontalnim i dijagonalnim ukrućenjima u obadva reda podupirača (vidi sliku), i betoniranje je stropa dovršeno bez incidenta.

B. P.

Iz društva građevinskih inženjera i tehničara N R Hrvatske

P O P I S

OVLAŠTENIH PROJEKTANATA ZA GRAĐEVNO PROJEKTIRANJE

upisanih u spisak ovlaštenih projektanata kod Državnog sekretarijata za poslove narodne privrede NRH

(Nastavak popisa iz »Građevinara« broj 3/1955)

Red. broj	Prezime i ime	Reg. broj
420.	Antolković ing. Dragutin	502
421.	Begić ing. Krešimir	432
422.	Budišić ing. Franjo	433
423.	Buškariol Frano	508
424.	Cincar Franjo	513
425.	Crnokrak ing. Zvonimir	466
426.	Čulić ing. Srđan	363
427.	Domac ing. Branko	450
428.	Draganić ing. Vojislav	483
429.	Duplančić Vjekoslav	459
430.	Dydžinski ing. Pavle	465
431.	Đurović ing. Miroslav	437
432.	Faltus ing. Alfred	447
433.	Ferenšćak Mihovil	430
434.	Fišer ing. Branko	468
435.	Flajšman Vladimir	474
436.	Frank ing. Mladen	284
437.	Fundak ing. Mihovil	464
438.	Gajer ing. Boris	472
439.	Geršić ing. Ivo	462
440.	Hekman ing. Frano	452
441.	Helfman ing. Albrecht	441
442.	Helman Ivan	491
443.	Hikec ing. Andrija	511
444.	Hiti Ivan	440
445.	Horvat ing. Dragutin	494
446.	Jany Đuro	485
447.	Jovanović ing. Miroslav	439
448.	Jurković Boris	456
449.	Kapraljević Pavao	367
450.	Kodarić Ivan	449
451.	Kordić ing. Bruno	438
452.	Kovačević ing. Dragutin	477
453.	Kovačić Zvonimir	515
454.	Krček ing. Anđelko	488
455.	Kurtović ing. Ivan	507
456.	Ladanji ing. Branko	475
457.	Lončarić Nikola	497
458.	Ljubišić ing. Vlaho	481
459.	Maceković Milan	453
460.	Marasović Bruno	505
461.	Marčelja arh. Ivo	385
462.	Marks ing. Ferdo	495
463.	Mayer Antun	489
464.	Mihajlović ing. Miomir	445
465.	Mikolavčić Bogumil	514
466.	Milošević ing. Vid	451
467.	Mirković ing. Krunoslav	436
468.	Momirović ing. Radivoje	471
469.	Morović Ivan	455
470.	Mrvoš ing. Milan	473
471.	Nardini ing. Davorin	478
472.	Odhazel Josip	486
473.	Ogorelec Zlatko	516
474.	Paravić Josip	444
475.	Patačić ing. Miroslav	512
476.	Pihler Alfred	493
477.	Plavec ing. Nikola	506
478.	Plivelić Miroslav	435
479.	Pulko Josip	482
480.	Raganelli Rinald	509
481.	Rečaj ing. Ivan	460
482.	Reich Hugo	499
483.	Reisinger Drago	446
484.	Ručević ing. Velimir	500
485.	Sirotić Drago	487
486.	Slaviček ing. Dušan	467
487.	Stapp ing. Mauricije	490
488.	Šajnović ing. Beata	443
489.	Šegvić Miroslav	504
490.	Ševeljević Eugen	431
491.	Šilović ing. Josip	469
492.	Šinkovec ing. Milan	434
493.	Šokičić Zvonko	457
494.	Španjol-Klemenjak Josipa	476
495.	Štambuk Dragutin	454
496.	Štrucelj Vladimir	498
497.	Švalba ing. Davor	480
498.	Trotsman Rikard	503
499.	Turčin Dragutin	458
500.	Vadlja ing. Josip	461
501.	Vernić ing. Oton	501
502.	Vidiček ing. Drago	510
503.	Vikrestov ing. Đorđe	442
504.	Vitić ing. Nada	448
505.	Vogrinc Zvonko	496
506.	Žugaj ing. Mladen	479

I S P R A V A K

U popisu objavljenom u broju 3/1955 potkrala se grijeska kod imena pod red. brojem 195, na strani 116, pa treba da glasi:

Red. broj	Prezime i ime	Reg. broj
195.	Kos ing. Vladimir	27

P O P I S

ODGOVORNIH RUKOVODILACA ZA POJEDINE VRSTE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA I RADOVA

kojima je izdana potvrda Državnog sekretarijata za poslove narodne privrede NRH

(Nastavak popisa iz »Građevinara« broj 3/1955)

Red. broj	Prezime i ime	Reg. broj
306.	Antolković ing. Dragutin	390
307.	Begić ing. Krešimir	314
308.	Belavić Ljerka	340
309.	Bence Stjepan	373
310.	Bradarić Tomo	370
311.	Budišić ing. Franjo	315
312.	Cincar Franjo	396
313.	Crnković Drago	376
314.	Čampa Ferdinand	346
315.	Čeh Stanislav	326
316.	Čudić Mirko	338
317.	Dešković ing. Žarko	384
318.	Dobronić Vladoje	382
319.	Draganić ing. Vojislav	359
320.	Duplančić Vjekoslav	343
321.	Dydžinski ing. Pavle	348
322.	Đurović ing. Miroslav	318
323.	Fišer ing. Branko	350

Red. broj	Prezime i ime	Reg. broj
324.	Fradelić Marin	323
325.	Fundak ing. Mihovil	347
326.	Gaup Josip	312
327.	Grbec Ljubomil	365
328.	Grubišić Milan	321
329.	Hećej Mijo	264
330.	Hećimović Vilko	334
331.	Heger Klement	341
332.	Helman Ivan	367
333.	Hikec ing. Andrija	398
334.	Hiti Ivan	322
335.	Hitil Josip	325
336.	Ivančić Zvonko	386
337.	Jany Đuro	358
338.	Jurković Boris	337
339.	Jurković ing. Srđan	354
340.	Kargačin ing. Berislav	402
341.	Kersnić Renato	320
342.	Kodarić Ivan	327
343.	Kovačević ing. Dragutin	355
344.	Kovačić Zvonimir	394
345.	Krček ing. Anđelko	357
346.	Krstulović Bogumil	381
347.	Krstulović Milivoj	380
348.	Kurtović ing. Ivan	392
349.	Linardović ing. Vlaho	309
350.	Maceković Milan	329
351.	Marasović Bruno	387
352.	Marks ing. Ferdo	372
353.	Mayer Antun	364
354.	Mikolavčić Bogumil	395
355.	Milošević ing. Vid	328
356.	Mirković ing. Krunoslav	318
357.	Momirović ing. Radivoje	353
358.	Morović Ivan	333
359.	Odhazel Josip	361
360.	Orlandini Darko	383
361.	Paradiš Franjo	324
362.	Pasarić Vladimir	369
363.	Patačić ing. Miroslav	397
364.	Pauluša Josip	311
365.	Plavec ing. Nikola	379
366.	Plivelić Miroslav	317
367.	Pulko Josip	363
368.	Puškaš ing. Ante	375
369.	Raganelli Rinald	393
370.	Rečaj ing. Ivan	342
371.	Renko Matija	330
372.	Sabioncello Nikola	371
373.	Sirotić Drago	360
374.	Slaviček ing. Dušan	349
375.	Sršek Stjepan	335
376.	Stapp ing. Mauricije	362
377.	Stipančević ing. Marko	345
378.	Šakić Josip	385
379.	Šegvić Miroslav	388
380.	Ševeljević Eugen	313
381.	Šilović ing. Josip	351
382.	Šimić Đuro	310
383.	Šinkovec ing. Milan	316
384.	Šokičić Zvonko	336
385.	Španjol ing. Josip	366
386.	Španjol-Klemenjak Josipa	356
387.	Štambuk Dragutin	332
388.	Štrucelj Vladimir	378
389.	Šubat Viktor	352
390.	Švalba ing. Davor	401
391.	Trotsman Rikard	389
392.	Turčin Dragutin	344
393.	Vadlja ing. Josip	339
394.	Veličan Dragutin	377
395.	Vernić ing. Oton	391
396.	Vidiček ing. Drago	399
397.	Vogrinc Zvonko	374
398.	Vukelić ing. Maksimilijan	400
399.	Žuvela Petar	331

IZUZETNE POTVRDE

IZDANE RUKOVODIOCIMA RADOVA

na temelju člana 9 Pravilnika o stručnoj spremi inženjera i tehničara kao odgovornih rukovodilaca za pojedine vrste građevinskih objekata i radova (Službeni list FNRJ broj 15/55) sa važnošću do 1. I. 1957.

(Nastavak popisa iz »Građevinara« broj 3/1955)

Redni broj	Prezime i ime
46.	Prijatelj ing. Vinko iz Splita
47.	Polanc Anton iz Bregane
48.	Hećimović Ivica iz Gospića
49.	Košuljandić Albin iz Šibenika
50.	Sudarević ing. Ljudevit iz Belišća
51.	Barbača Zdenko iz Vinkovaca
52.	Manestar ing. Jug iz Rijeke
53.	Mokrović Franjo iz Zagreba
54.	Radonić Milan iz Novoselca
55.	Kraljević Dinko iz Šibenika
56.	Nikolić ing. Radoslav iz Splita
57.	Listeš Pavao iz Splita
58.	Majić ing. Stanko iz Splita
59.	Carić ing. Ivan iz Splita
60.	Tadić ing. Kamenko iz Splita
61.	Mikić Ivan iz Vukovara
62.	Manestar Vuk iz Slav. Broda
63.	Tulić Ivan iz Umaga
64.	Roncatti ing. Enea iz Labina
65.	Miletić Mijo iz Zagreba

Vlasnik i izdavač: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske. Glavni urednik: Ing. F. Simić. — Tisak: »Tipografija« grafičko-nakladni zavod, Zagreb.

POZIV NA PRETPLATU

Molimo sve naše pretplatnike da podmire pretplatu za časopis »Građevinar«, VII. godište 1955 (ako to još nisu učinili) i obnove pretplatu za VIII. godište 1956.

Pretplata za cijelu godinu iznosi za pojedince Din 600.—, za pola godine Din 300.—.

Godišnja pretplata za poduzeća i ustanove iznosi Din 900.—.

Pretplatu treba doznačiti na tekući račun kod Narodne banke FNRJ, Filijala Zagreb br. 402-T-812.

•

OBAVIJEST

Uredništvo »Građevinara« raspolaže još sa kompletima »Građevinara« iz 1950, 1951 i 1952 godine kao i sa brojevima 1, 10—11 i 12 iz 1949 godine, koji se mogu naručiti uz cijenu od po Din 10.— po broju, odnosno po Din 20.— po dvobroju kao i sa brojevima 1—6 iz god. 1953 i 1954 uz cijenu od 50.— Din po broju.

Narudžbe se šalju na: Uredništvo »Građevinar«, Zagreb, Berislavićeva ul. 6. Tek. račun kod Narodne banke Zagreb, broj 402-T-812.